

SÉRIE A, N°743
N° D'ORDRE :
1515

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

PAR

L. VANDERNOTTE

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES ROCHES
ÉRUPTIVES DE LA BORDURE SUD-EST DU MASSIF
ARMORICAIN.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 14 juin 1913 devant la Commission d'examen

MM. DASTRE,	<i>Président.</i>
MOLLIARD,	{ <i>Examineurs.</i>
GENTIL,	

PARIS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE ET D'ÉDITION LEVÉ
71, RUE DE RENNES, 71

1913

SÉRIE A, n°743
N° D'ORDRE :
4515

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES NATURELLES

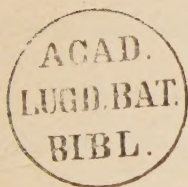
PAR

L. VANDERNOTTE

1^{re} THÈSE. — CONTRIBUTION A L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE DES ROCHES
ÉRUPTIVES DE LA BORDURE SUD-EST DU MASSIF
ARMORICAIN.

2^e THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 24 juin 1913 devant la Commission d'examen



MM. DASTRE, *Président.*
MOLLIARD, }
GENTIL, } *Examineurs.*

PARIS

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'IMPRIMERIE ET D'ÉDITION LEVÉ
71, RUE DE RENNES, 71

1913

FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

MM.

Doyen P. APPELL, *Professeur* Mécanique analytique et Mécanique céleste.
Doyen honoraire. . . G. DARBOUT. — Géométrie supérieure.

Professeurs hono- { CH. WOLF.
raires. { J. RIAAN.

Professeurs. { LIPPMANN Physique.
 { BOUTY Physique.
 { BOUSSINESQ Physique mathém. et calcul des probabilités.
 { PICARD Analyse supérieure et algèbre supérieure.
 { Y. DELAGE Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
 { Gaston BONNIER Botanique.
 { DASTRE Physiologie.
 { KOENIGS Mécanique physique et expérimentale.
 { VÉLAIN Géographie physique.
 { GOURSAT Calcul différentiel et calcul intégral.
 { HALLER Chimie organique.
 { JOANNIS Chimie (Enseignement P. C. N.).
 { JANET Physique —
 { WALLERANT Minéralogie.
 { ANDOYER Astronomie.
 { PAINLEVÉ Mécanique rationnelle.
 { HAUG Géologie.
 { HOUSSAY Zoologie.
 { H. LE CHATELIER Chimie.
 { Gabriel BERTRAND Chimie biologique.
 { M^{me} P. CURIE Physique générale.
 { CAULLERY Zoologie (Evolution des êtres organisés).
 { C. CHABRIÉ Chimie appliquée.
 { G. URBAIN Chimie.
 { Émile BOREL Théorie des fonctions.
 { MARCHIS Aviation.
 { Jean PERRIN Chimie physique.
 { G. PRUVOT Zoologie, anatomie, physiologie comparée.
 { MATRUCHOT Botanique.
 { ABRAHAM Physique.
 { CARTAN Calcul différentiel et calcul intégral.
 { Cl. GUICHARD Mathématiques générales.
 { N. Application de l'analyse à la géométrie.
 { N. Histologie.

Professeurs adjoints { PUISEUX Mécanique et astronomie.
 { LEDUC Physique.
 { MICHEL Minéralogie.
 { HÉROUARD Zoologie.
 { LÉON BERTRAND Géologie.
 { Rémy PERRIER Zoologie (Enseignement P. C. N.).
 { MOLLIARD Physiologie végétale.
 { COTTON Physique.
 { LESPIEAU Chimie.
 { GENTIL Pétrographie.
 { SAGNAC Physique (Enseignement P. C. N.).
 { PEREZ Zoologie (Evolution des êtres organisés).

Secrétaire. D. TOMBECK.

A MON MAÎTRE :

MONSIEUR A. LACROIX,

MEMBRE DE L'INSTITUT

PROFESSEUR DE MINÉRALOGIE AU MUSÉUM D'HISTOIRE NATURELLE

Hommage respectueux

AVANT-PROPOS

A la suite d'excursions géologiques dans des régions de contacts granitiques, sous la conduite du regretté Maître MICHEL-LÉVY, et d'excursions pétrographiques avec mon Maître M. LACROIX, j'ai été amené à entreprendre une étude de roches éruptives; sur les conseils de ces deux savants, et sur l'invitation de M. ŒHLERT, je me suis attaché spécialement à l'étude d'une partie de la région orientale du massif armoricain; M. ŒHLERT a bien voulu faciliter mon travail en mettant à ma disposition plus de sept cents préparations en plaques minces de roches éruptives et sédimentaires concernant surtout la Mayenne; M. Léon BÉRTRAND m'a aidé de ses conseils; M. GENTIL, ainsi que M. Albert MICHEL-LÉVY m'ont prêté un concours obligeant; M. CAYEUX m'a permis de consulter des préparations sur l'étude des minéraux rares de la craie.

Je tiens à renouveler ma profonde gratitude à mon Maître, M. LACROIX, qui a dirigé mes recherches et m'a offert l'hospitalité de son laboratoire; je dois en outre remercier les autres savants dont je viens de rappeler l'obligeant concours.

PREMIÈRE THÈSE

CONTRIBUTION

A

L'ÉTUDE GÉOLOGIQUE

DES

ROCHES ÉRUPTIVES

DE LA BORDURE SUD-EST DU MASSIF ARMORICAIN



Digitized by the Internet Archive
in 2026

INTRODUCTION

I. — BUT DU TRAVAIL

La géologie de la région méridionale de la bordure orientale du massif armoricain a déjà fait l'objet d'une étude minutieuse de la part de M. Œhlert qui s'est particulièrement attaché à l'examen des terrains sédimentaires; je ne saurais que me reporter aux travaux de ce géologue pour les caractères paléontologiques et stratigraphiques de ces terrains. Si j'ai spécialement abordé l'étude des roches éruptives de cette région, je l'ai fait néanmoins en adoptant un point de vue différent suivant les familles de roches étudiées : pour la famille des granites, dont la monographie eût manqué d'intérêt, j'ai cherché surtout à élucider la question de l'âge de la montée des principaux massifs; pour celle des syénites, dont les représentants ne constituent que des gisements restreints, j'ai principalement examiné les caractères particuliers d'inclusions de brookite dans les micas et j'ai cherché à en tirer quelques conséquences pour l'étude des courants secondaires dans le bassin de Paris; pour les roches à feldspaths calcosodiques, j'ai été conduit à faire la monographie du massif d'Ernée, à la fois parce qu'il constitue le seul gisement à superficie un peu développée et parce qu'il comporte plusieurs variétés de types pétrographiques; dans la plupart des cas, l'examen a porté sur les caractères macroscopiques, microscopiques et chimiques. J'ai terminé par une rapide étude comparative des gabbros d'Ernée et d'autres roches de même famille, telles que les gabbros du Pallet et les gabbros du Minnesota qui ont fait l'objet d'une étude approfondie au même laboratoire du Muséum.

II. — BIBLIOGRAPHIE

- CAYEUX. — Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires (1897).
- Whitman Cross. — Quantitative classification of igneous rocks (1903).
- A. LACROIX. — Minéralogie de la France et de ses colonies (1893-1911).
- A. LACROIX. — La gabbro du Pallet (*Bulletin de la carte géol.*, n° 67, t. X, 1898-1899).
- A. MICHEL-LÉVY. — Paramètres magmatiques (*Bull. carte géol.*, T. XV, 1903-1904).
- A. MICHEL-LÉVY. — Etude sur la détermination des feldspaths, 1904.
- D. ŒHLERT. — Réunion extraordinaire de la Société Géol. 1909 (*Bull. Soc. Géol.* 1911).
- D. ŒHLERT. — Géologie de la Mayenne (1903).
- H.-S. WASHINGTON. — Chemical analyses of igneous rocks (1903).
- N. WINCHELL. — Anorthosites du Minnesota (1900).

III. — RÉSUMÉ GÉOLOGIQUE ⁽¹⁾

§ 1^{er}. — RÉPARTITION GÉOGRAPHIQUE DES DÉPÔTS.

On sait que le massif armoricain constitue, dans son ensemble, une pénéplaine primaire limitée au nord et à l'ouest par l'Océan Atlantique, à l'est et au sud par les formations secondaires du bassin de Paris et du bassin d'Aquitaine; les limites orientale et méridionale correspondent à une ligne brisée que l'on peut suivre sur la carte : de Carentan à Séez, la bordure est formée par la Campagne de Caen et la Campagne d'Alençon; de Séez à Angers, ce sont la Champagne du Maine et les Vaulx du Loir; d'Angers à Saint-Maixent et aux Sables d'Olonne, la limite est donnée par le Val d'Anjou et la Plaine de Poitiers.

(1) Cette documentation est empruntée tout entière aux travaux de M. Œhlert.

Ce massif comporte, en réalité, deux pénéplaines où dominent les éléments granitiques : l'une, septentrionale, l'autre, méridionale, inclinées respectivement vers la Manche et vers l'Océan. La première comprend le pays de Léon, le Trégorrois, le Penthievre, le Bocage breton, le Bocage normand ; la seconde englobe la Cornouaille, les Landes de Lanvaux, le Pays de Coislin, le Bocage vendéen et le Pays de Gâtine ; cette pénéplaine est nettement délimitée au nord par le Sillon de Bretagne, arête rectiligne due à l'existence d'un filon de quartz orienté N. O.—S. E. Entre les deux pénéplaines se trouve une dépression axiale constituée par un géosynclinal silurien-carbonifère très resserré à l'ouest et s'évasant graduellement vers l'est ; ce géosynclinal comprend, de l'ouest à l'est, les bassins primaires de Châteaulin et de Laval, réunis par le plateau de Rohan.

Si l'on examine, en particulier, le bassin de Laval, on voit qu'il se subdivise à l'ouest, en deux plis : pli de Gahard au nord, pli de Liffré au sud ; ces deux plis sont séparés, à l'ouest par l'anticlinal de la forêt de Sévailles, à l'est, par le massif granitique de Balazé ; le pli de Gahard comporte une digitation O. S. O.—E. N. E. presque totalement recouverte par la forêt de Mayenne ; un peu plus au nord, les synclinaux des Coëvrons et de Pail se différencient nettement du synclinal de Laval par leur orientation O. S. O.—E. N. E. et par leur défaut de communication directe vers l'ouest avec les synclinaux bretons ; toutefois, à cet égard, on doit signaler que le synclinal de Pail se trouve dans le prolongement de la digitation, signalée plus haut, du pli de Gahard, tandis que le synclinal des Coëvrons semble continuer la bordure septentrionale du synclinal de Laval (Montsûrs-Evron). Ces deux synclinaux de Pail et des Coëvrons se réunissent, à l'est, vers Montreuil-le-Chétif.

Le synclinal de Pail, dont l'extrémité occidentale est située au bois de Vaux, vers la Farcière, à 4 kilomètres au nord-est de Mayenne, s'étend sur une longueur de 40 kilomètres environ ; sa largeur est de un kilomètre environ au bois de Vaux ; elle augmente vers l'est où ses deux flancs sont séparés, aux abords de Gesnes-le-Gandelin, par le massif granitique de la Poôté ; de là, le flanc septentrional remonte vers le nord pour regagner Alençon ; le flanc méridional se recourbe vers le sud

pour se rattacher au synclinal des Coëvrons, près de Fresnay ; la largeur de chaque flanc est alors de près de 4 kilomètres. Ce synclinal ne contient que des assises siluriennes ; parmi elles, le gothlandien est particulièrement développé, au centre de l'extrémité occidentale (nord de Villaines) et dans les cuvettes de Gesvres nord-ouest et de Saint-Léonard nord-ouest.

Le synclinal des Coëvrons a son extrémité occidentale vers Dommier, à quelques kilomètres au nord-ouest d'Assé-le-Béranger ; sa longueur est de 30 kilomètres environ ; sa largeur, près de 4 kilomètres vers Assé-le-Béranger, est ensuite presque constamment de 7 kilomètres à partir de Vimarcé, jusqu'à son extrémité orientale. Comme le précédent, il ne comporte que des dépôts siluriens, mais avec cette différence qu'il contient seulement peu de gothlandien (nord du bois de Peze), tandis que les dépôts cambriens y sont très développés, surtout vers l'ouest ; le poudingue pourpré forme une assise constante sur les deux flancs ; il en est de même pour le grès de Sainte-Suzanne, ainsi que pour les schistes et calcaires magnésiens très développés sur le flanc nord.

Le synclinal de Laval débute à l'ouest vers Gahard où sa largeur est de près de 4 kilomètres ; il se termine à l'est vers Sablé et Loué ; sa largeur, à l'extrémité orientale, est de 50 kilomètres environ ; sa longueur atteint 100 kilomètres. Il est séparé des deux synclinaux précédents par des massifs granitiques et des bandes de schistes métamorphiques ; il est plus complet que ces synclinaux : il contient, en effet, outre des dépôts siluriens, des assises dévoniennes (dévonien inférieur et base du dévonien moyen) ainsi que des assises carbonifères (carbonifère inférieur et carbonifère moyen).

Le cambrien manque aux deux limites nord et sud, sauf à l'extrémité orientale de la limite nord, à partir de Gesnes-le-Gandelin : ainsi, la mer cambrienne s'avancait peu vers l'ouest, dans un golfe qui ébauchait la direction du synclinal Laval-Brest. Le poudingue pourpré forme une légère bande qui débute entre Neau et Evron pour se prolonger vers Neuvilette ; les schistes et quartzophyllades, avec bandes de calcaire magnésien, sont plus développés ; on les suit de Montsûrs à Viviers-Torcé ; le grès de Sainte-Suzanne se voit dès Montsûrs et se continue vers l'est pour prendre un développement considérable dans la forêt de Charnie.

Le grès armoricain repose directement sur les schistes précambriens et le granite; il est nettement transgressif et montre, surtout vers le flanc nord, l'envahissement de la mer ordovicienne dans le synclinal. Parmi les couches supérieures de l'ordovicien, les schistes à *Calymene Tristani* accompagnent le grès armoricain, tandis que les grès à *Calymenella* et les schistes à *Trinucleus Pongerardi* sont surtout développés au flanc sud, notamment le grès à *Calymenella* (La Gravelle, Loiron, Montigné, Grez).

Le gothlandien montre le grès culminant associé avec les schistes et quartzites très développés sur le flanc nord du pli de Gahard et à la Croixille.

Alors que toutes les assises précédentes du silurien forment des bandes continues, il n'en est pas de même pour les dépôts dévoniens.

Le niveau des schistes et quartzites de Plougastel du début du dévonien est difficilement différencié du silurien supérieur; par contre, l'assise de grès à *Orthis Monnieri* est nettement délimitée; elle est particulièrement développée vers l'éperon de Vieuxvy du pli de Gahard et plus encore vers la partie centrale du flanc nord du synclinal où elle forme une traînée discontinue.

Le dévonien moyen : schistes et calcaires à *Athyris undata*, à *Phacops Potieri* est visible en quelques points, notamment vers Gahard et au nord de Laval.

Le dévonien supérieur n'est signalé nulle part.

Une transgression nette correspond aux débuts du carbonifère avec les poudingues, grès et schistes anthraciteux à Montigné, Lhuisserie, Le Genest, accompagnés d'un dépôt encore discuté de blaviérite. Ces dépôts détritiques sont suivis de calcaires marins à *Productus giganteus* formant une bande continue de Saint-Pierre-sur-Erve à Changé; ces couches manquent au flanc sud du synclinal.

Les assises suivantes, du carbonifère moyen, schistes et calcaires de Laval, se trouvent au centre du synclinal; elles sont très développées à partir de Changé; leur développement s'accroît lorsqu'on s'avance vers l'est; elles contiennent les gisements d'anthracite de la Baconnière, la Bazouge de Chéméré. Le calcaire de Laval n'apparaît qu'au flanc sud du synclinal, vers Bonchamp et forme une longue bande continue

jusqu'à Bouère. Les schistes de Laval qui lui succèdent sont très développés entre Laval et La Cropte.

Le carbonifère supérieur est représenté par les dépôts de Saint-Pierre-la-Cour.

Le permien et le trias font défaut.

Les dépôts secondaires débutent avec le lias moyen; ils apparaissent à l'est où commence l'aire d'envoyage du massif armoricain; ils débutent par l'hettangien (calcaire de Jupilles), se continuent par des dépôts de toarcien, puis de la série jurassique. Le cénomanien transgressif pénètre dans le synclinal; la série secondaire se termine par des dépôts turoniens.

Les dépôts éocènes occupent le flanc ouest du massif granitique de Champéou, contournent la butte de Buleu et remontent dans la vallée de la Mayenne jusqu'aux environs d'Hardanges; ils côtoient à l'ouest, le massif granitique d'Hambers-Montaigu et descendent vers le sud entre Evron et Sainte-Suzanne : ce sont des grès à *Sabalites* très développés vers Chellé ou des calcaires marneux visibles notamment à Fyé.

Les dépôts helvétiques du miocène ont été signalés à Saint-Sauveur-des-Landes, Gahard, Bois-Roux.

Les sables et galets pliocènes forment des témoins à Champéou, Saint-Fraimbault-de-Prières, Saint-Sauveur-des-Landes, Vieuxvy, Gahard, etc.

Le limon des plateaux constitue des dépôts épais aux environs de Mayenne, Evron, Saint-Germain-de-Coulamer.

Les alluvions anciennes sont développées dans les vallées de la Mayenne, de la Sarthe, de la Sèche, de la Villaine.

Les alluvions modernes sont limitées aux vallées actuelles; elles constituent des dépôts importants à Saint-Pierre-des-Landes, dans la vallée du Couesnon et de ses affluents.

§ 2. — FACIES.

Après le poudingue pourpré, dépôt littoral qui marque le début de la transgression des mers siluriennes, toute la série cambrienne est constituée par des dépôts néritiques à brachiopodes : schistes et calcaires magnésiens à *Lingulidæ*, grès de Sainte-Suzanne à *Dinobolidæ*, psammites de Sillé à *Thomasina*, grès de Blandouet à *Lingulella*.

L'ordovicien comporte, au début, des dépôts gréseux néritiques : grès armoricain à *Tigillites*, puis des formations bathyales à *Trilobites*; schistes à *Calymènes*, grès de Saint-Germain-sur-Ille à *Calymenella*, schistes à *Trinucleus Pongerradi*.

Au gothlandien, le faciès bathyal continue par des schistes à Graptolithes ou à Orthocères, puis des schistes à ostracodes (*Bolbozoe*).

La série bathyale se termine aux débuts du dévonien avec des dépôts à céphalopodes et à lamellibranches : schistes et quartzites à orthocères et à posidonomies; une récurrence de dépôts néritiques est constituée ensuite par des formations à brachiopodes : grès à *Orthis Monnieri*, calcaire de Néhou à *Athyris undata*; schistes et calcaires à spirifères de grande taille; de nouveau, les formations bathyales réapparaissent à l'eifélien, avec des schistes à trilobites (*Phacops Potieri*) et des lentilles calcaires à goniatites (*Anarcestes*).

Dès le givétien, le synclinal est abandonné par la mer qui ne revient qu'au dinantien : un dépôt de poudingues et arkoses marque la transgression tournaisienne; la série se continue par des dépôts littoraux de schistes avec anthracite d'âge tournaisien, puis par des calcaires zoogènes viséens; la fin du viséen comporte ensuite des formations néritiques à brachiopodes : calcaires de Sablé à *Productus giganteus*; le début du westphalien montre encore des dépôts néritiques : grauwacke à échinides et calcaire de Laval à productus; la série se termine par des dépôts littoraux de schistes, grès et poudingues avec anthracite du westphalien supérieur, marquant l'abandon du synclinal par les mers carbonifères. Au stéphanien supérieur, ce sont des dépôts continentaux de houille et d'anthracite.

Les dépôts secondaires, situés à la bordure orientale du massif armoricain sont des formations néritiques au Jurassique, littorales au Cénomanién (sables et marnes à ostréacées).

Les dépôts tertiaires que l'on trouve aussi à la bordure orientale du massif armoricain, sont des formations littorales à l'éocène (grès à *Sabalites*), lagunaires (calcaires marneux) ou lacustres (calcaire de Thévalles) à l'oligocène, littorales (*Falun* de Touraine et d'Anjou) au miocène, fluviatiles (graviers d'alluvions) au pliocène.

Les dépôts pleistocènes sont exclusivement fluviaux (alluvions); la faune recueillie dans les limons de cet âge amenés dans les grottes accuse les trois époques dites de *Rhinoceros Merckii*, d'*Elephas Primigenius*, du renne.

§ 3. — STRATIGRAPHIE.

Après l'invasion de la mer silurienne, marquée par la discordance du poudingue pourpré sur le précambrien, la sédimentation a été continue jusqu'au dévonien moyen; les épaisseurs des dépôts montrent qu'il s'agit d'un géosynclinal; les faciès indiquent d'abord une mer peu profonde au cambrien; la transgression du grès armoricain démontre que la mer ordovicienne s'est étendue en dehors des limites de la mer cambrienne; en outre, la différence de faciès correspond à un approfondissement du géosynclinal; cet approfondissement se continue au dévonien inférieur, avec cette différence toutefois, que le dévonien est en régression sur le silurien.

A partir du dévonien moyen, jusqu'au carbonifère, la série, jusqu'alors continue, montre une lacune qui correspond à une période de plissement suivie de phénomènes d'érosion.

Avec la transgression tournaïsiennne, le géosynclinal se reforme; mais, il ne comporte plus, contrairement à ce qui s'est passé à la période siluro-dévonienne, que des dépôts de mer peu profonde; au début du stéphanien, un nouveau plissement marque la fin du rôle géologique de la région considérée, en tant que géosynclinal; à la fin de cette période de plissement, se placent les dépôts houillers de Saint-Pierre-la-Cour; l'œuvre d'érosion est ensuite continuelle, et la région n'est guère envahie que sur sa bordure orientale par les mers secondaires du bassin de Paris; après les dépôts du lias moyen marquant le début de ces invasions marines, le bathonien est transgressif sur le culm, le dévonien et même le cambrien, la transgression cénomaniennne s'avance vers l'ouest, plus loin que le bathonien; puis, le plateau armoricain, exondé jusqu'au tertiaire, est l'objet d'un mouvement de bascule à l'époque lutétienne: le voisinage de la mer est décelé par des formations saumâtres; la période de dépôts continentaux oligocènes est suivie d'un autre mouvement de gauchissement qui permet aux mers miocènes de déposer leurs faluns; finale-

ment aux périodes pliocène et pleistocène, la région n'est plus l'objet d'aucun mouvement orogénique.

Au point de vue purement tectonique, l'étude détaillée de la région, effectuée par M. Uhlert, a conduit à l'hypothèse de poussées tangentielles, suivant la direction varisque et en provenance du sud-ouest.

IV. — RÉPARTITION DES ROCHES ÉRUPTIVES

§ 1^{er}. — FAMILLE DES GRANITES.

Les granites, au point de vue superficiel, constituent la masse la plus importante de roches éruptives de la région

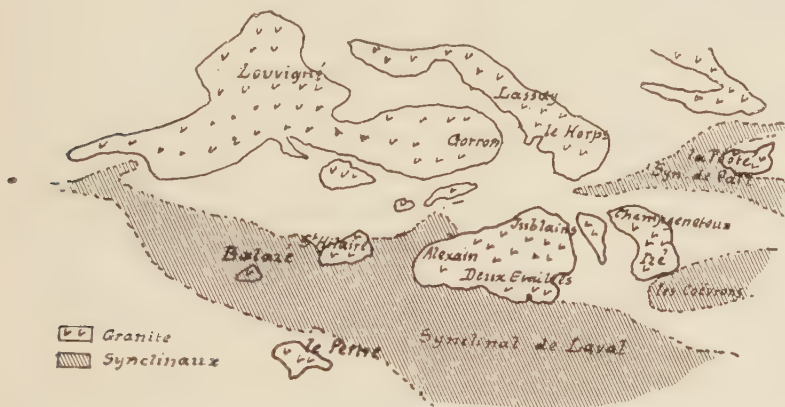


Schéma des masses granitiques de la bordure Sud-Est du massif armoricain.

étudiée; ils comportent différents massifs qui séparent les divers synclinaux cités plus haut; la topographie permet de les désigner comme il suit :

Au nord du synclinal de Brest-Laval, les massifs de Louvigné-Gorrion et Lassay-Le Corps sont en contact avec les schistes précambriens; en outre, le premier borde une partie du pli silurien de Gahard; un peu plus au sud, vers la bordure septentrionale du synclinal, le massif de Saint-Hilaire-des-Landes est en contact avec le dévonien (grès à *Orthis Monnieri*) et avec le silurien supérieur; le massif de Deux-Evailles-Alexain-Jublains-Izé est en contact avec le silurien supérieur, sur sa bordure orientale, vers l'éperon de la forêt

de Mayenne, et avec le cambrien (poudingue pourpré et grès) sur sa bordure sud-occidentale, vers les Coëvrons; à l'ouest le massif de la Poôté sépare en deux branches le synclinal de Pail; il est en contact avec le grès de Blandouet par sa bordure méridionale; vers le centre du synclinal de Brest-Laval, le massif de Balazé est en contact avec le dévonien inférieur; finalement, de l'autre côté du synclinal, c'est-à-dire à la bordure méridionale du synclinal, le massif du Pertre est en contact avec les schistes précambriens et avec le culm. La question d'âge de ces granites a fait l'objet d'une étude spéciale au chapitre suivant.

Il faut rattacher à ces roches, les gisements concernant les autres roches de la famille des granites, telles que microgranites et rhyolites.

Les microgranites forment soit des salbandes de massifs granitiques (voir l'étude des contacts), soit des apophyses de massifs granitiques (Champéou, Andouillé), soit des filons dans les schistes cambriens (Alexain, Assé-le-Bérenger, Goron, Mézangers, Montsûrs), soit des filons dans le granite même (Saint-Thomas-de-Courcier, Saint-Samson).

Les rhyolites forment des coulées assez importantes, savoir :

1^o Une longue traînée (de 15 kilomètres) de porphyre pétrosiliceux fluidal, d'âge carbonifère, parallèle aux couches primaires, s'étend entre Argentré et Vaiges;

2^o Un pointement de peu d'étendue, près de Sillé-le-Guil-laume, de porphyre à quartz globulaire, se montre dans les psammites acadiens;

3^o Quelques pointements de porphyre pétrosiliceux se trouvent dans le cambrien (forêt de Pail, Saint-Léonard, Assé, Saint-Ouen-de-Mimbré); ces porphyres sont associés à des brèches pétrosiliceuses et des tufs de porphyrites qui atteignent un grand développement dans les Coëvrons et dans la Charnie (Sainte-Suzanne).

§ 2. — FAMILLE DES SYÉNITES.

Cette famille est surtout représentée par des types micro-litiques; deux types grenus sont à signaler en bordure de massifs granitiques, l'un à Ernée, près du massif de Lou-vigné-Gorron, l'autre à la Ballerie, près du massif de Deux-

Evailles, les trachytes (orthophyres et albitophyres) forment des filons peu importants dans le cambrien, au sud de la forêt de Pail, au nord de Sainte-Suzanne, et des filons plus développés dans le culm à Entrammes.

§ 3. — FAMILLE DES ROCHES A FELDSPATHS CALCOSODIQUES.

Ce groupe est le plus riche au point de vue de la diversité des types; ce sont des roches grenues (gabbros, diorites), ophitiques (diabases), microgrenues (microgabbros, microdiorites), microlitiques (andésites et basaltes). Les types grenus constituent, à Ernée, une masse assez étendue (qui fait l'objet d'une étude spéciale au livre II), et des filons divers dans les massifs granitiques ainsi que dans le silurien. Les types microgrenus se montrent surtout en salbande de la masse d'Ernée; les types microlitiques se rencontrent en filons, dans le granite (La Croizille), dans le gabbro (Ernée), dans les schistes et calcaires cambriens (versant nord des Coëvrons) entre le grès inférieur et le grès armoricain (Livet) : tous ces filons sont des andésites (porphyrites); on trouve un seul pointement de basalte (mélaphyre) dans le culm, près d'Origné.

LIVRE I

ROCHES A FELDSPATHS ALCALINS

CHAPITRE PREMIER

Famille des Granites

A. — AGE DES CONTACTS GRANITQUES

Les massifs de granite, cités plus haut, font partie de la traînée qui sert de limite septentrionale au géosynclinal de Brest-Laval; la question d'âge de ces roches a déjà fait l'objet des études de divers géologues; M. Barrois a établi, pour la partie ouest de cette traînée, que la montée granitique s'est prolongée jusqu'à la période carbonifère; pour la partie est, MM. Bigot et Œhlert ont admis que les granites sont antésiluriens; en effet, M. Bigot, dans la feuille 76 de Laval (carte géologique de France au 1/80.000), a figuré, aux environs de Vieuxvy, à la bordure nord du pli de Gahard, l'existence d'une faille au contact du granite de Louvigné-Gorron et du grès armoricain; ce dernier sédiment n'aurait donné lieu à aucun phénomène de métamorphisme; d'autre part, M. Œhlert a amorcé l'étude du contact du massif de Deux-Evailles-Izé avec le poudingue pourpré de la Médière (synclinal des Coëvrons); les résultats de cette étude attribuent au granite un âge antérieur au poudingue pourpré. Si l'on observe, d'un autre côté, que les venues granitiques normandes, dans les traînées septentrionales du massif armoricain, se sont poursuivies au silurien et même au dévonien, d'après MM. Bigot et Michel-Lévy, on voit qu'une partie seulement des granites septentrionaux du massif armoricain serait antésilurienne : ce serait la région de bordure orientale du synclinal Brest-Laval. En raison de cette anomalie, la question d'âge des granites de cette dernière région a dû être étudiée à nouveau; la méthode employée a comporté l'étude des contacts sur le terrain, avec la recherche des phénomènes de métamorphisme; si cette

étude a été facilitée par la précision des indications de la carte géologique, elle a présenté toutefois des difficultés nombreuses à la fois par suite de l'état du terrain généralement très couvert et par suite de ce fait que les contacts intéressent surtout des sédiments gréseux sur lesquels les phénomènes de métamorphisme sont souvent peu nets.

La grande majorité des contacts étudiés concerne les assises siluriennes; quelques-uns sont en rapport avec le dévonien inférieur et le carbonifère; en outre, parmi les contacts précambriens, un seul a été revu parce qu'on l'a considéré jusqu'ici comme indemne de métamorphisme. On peut prendre, pour ce travail, l'examen des contacts, dans l'ordre de succession des assises; les diverses localités intéressées seront par suite groupées dans l'ordre suivant :

Argentré-du-Plessis. — Schistes précambriens.

Saint-Georges-sur-Erve. — Poudingue pourpré de la base du cambrien inférieur.

Brée, Neau, Saint-Georges-sur-Erve. — Schistes et calcaires magnésiens de la base du cambrien.

Gesvres. — Grès ferrugineux de Blandouet du cambrien supérieur.

Vieuxvy, Le Taillis. — Grès armoricain de l'ordovicien inférieur.

La Bigottière. — Grès culminant du gothlandien inférieur.

La Croixille, Saint-Mhervé, Balazé, Châtillon-en-Vendelais. — Quartzites de Plougastel du dévonien inférieur.

Argentré-du-Plessis. — Culm anthracifère du dinantien inférieur.

I. — ARGENTRÉ-DU-PLESSIS (schistes précambriens).

D'après la feuille 76 de Laval, le granite a métamorphisé généralement les schistes précambriens à l'exception de ceux qui bordent le massif du Pertre. Il est nécessaire d'examiner si cette dernière hypothèse est rigoureusement exacte; à cet effet, des échantillons ont été recueillis d'abord à 500 mètres du granite, puis de plus en plus près du massif du Pertre.

Au Moulin-Neuf, les bancs schisteux ont un pendage de 30° environ vers l'ouest, la roche est argileuse, gris verdâtre, tendre, salissant les doigts; l'aspect général est celui d'une phyllite; au microscope, on reconnaît que la roche est constituée presque uniquement de grains de mica détritique; on y trouve quelques cristaux de quartz en éléments arrondis : la roche est donc exempte de métamorphisme.

Au Moulin-aux-Moines, les schistes, toujours de couleur grisâtre, sont plus durs et plus riches en grains de quartz; ils contiennent en outre du quartz en filonnets. En plaque mince, la roche est constituée par un agrégat de cristaux de quartz et de mica, tous clastiques; le quartz domine, à tel point que la roche pourrait être considérée comme un quartzite micacé; il n'y a pas trace de métamorphisme.

A la Péraudière (étang du Moulin-aux-Moines), le schiste a le même aspect macroscopique; l'examen microscopique indique encore une roche quartzreuse et micacée, à éléments clastiques pour la plupart, sans qu'on puisse reconnaître si la quartzification est due, même en partie, à des effets de métamorphisme.

Au carrefour de l'Ecaubière et de la chaussée de l'Etang, la roche devient rougeâtre et se charge d'éléments quartzeux; l'étude microscopique montre de la séricite en abondance et des grains de quartz en majeure partie clastiques; la roche a plutôt l'aspect d'un quartzite; on ne peut, comme précédemment, rien conclure au sujet de métamorphisme.

En résumé, l'étude des divers échantillons recueillis ne fournit aucune documentation nette au sujet de l'hypothèse d'une action métamorphique du massif granitique du Pertre sur les schistes précambriens voisins. Le seul résultat intéressant, au point de vue pétrographique, concerne l'identification, faite plus loin, d'une roche échantillonnée aux carrières de la Poulinière et du Franchet. (Voir aux rhyolites).

II. — SAINT-GEORGES-SUR-ERVE (poudingue pourpré).

Aux carrières de la Médière, au nord de Saint-Georges-sur-Erve, en bordure des Coëvrons, M. Ehlert a signalé, entre le granite d'Izé et le poudingue, la présence d'une roche remaniée qu'on a désignée improprement sous le nom d'arkose; cette roche a été considérée comme le résultat du remaniement du granite par le sédiment cambrien.

En fait, le contact exact du granite et du poudingue n'est guère visible sur le terrain, en raison de l'abondance de la végétation; toutefois, on n'a pas trouvé jusqu'ici, même aux carrières de la Médière, ni arkose entre le granite et le poudingue, ni galets de granite dans le poudingue.

La carrière la plus éloignée du granite, à 300 mètres environ de ce massif, située au sud du carrefour des routes de Villepail et de Saint-Gemmes-le-Robert, est ouverte dans le poudingue. La roche, de couleur jaunâtre, assez dure, paraît, à l'œil nu,

composée de grains de quartz agglomérés par un ciment gréseux rougeâtre; lorsqu'on remonte vers le nord, c'est-à-dire, lorsqu'on se rapproche du granite, la roche devient plus compacte et prend une teinte violet clair; au microscope, l'échantillon jaunâtre montre de grands cristaux de quartz détritique et quelques cristaux de mica blanc, le tout empâté par un ciment sériciteux; l'échantillon violet est à éléments plus fins, avec moins de ciment; il est criblé de grains minuscules de magnétite.

A 250 mètres environ du granite, près du carrefour précédent, une seconde carrière concerne un poudingue violet foncé ou vert foncé riche en éléments quartzeux et en biotite; en plaque mince, l'aspect est celui d'un grès à ciment sériciteux; les grains de quartz sont généralement brisés et emballés par les cristaux de mica noir; certains agrégats de séricite sont identiques à ceux qui résultent de l'altération soit de cordiérite, soit de feldspath; on trouve, en outre, quelques cristaux d'apatite.

A 200 mètres du granite, le poudingue est de couleur jaune clair; il présente des traces de schistosité; les éléments quartzeux sont plus nombreux que précédemment; l'examen microscopique montre que la pâte sériciteuse est plus rare, de sorte que la roche passe à un quartzite; on trouve encore des grains de quartz clastique, des agrégats de muscovite qui décèlent de la cordiérite ou du feldspath disparus; cette muscovite emballe le quartz, ce qui conduit à supposer que le minéral primitif (cordiérite ou feldspath) a dû mouler le quartz; la tourmaline se montre en petits cristaux non clastiques: la présence de cette tourmaline néogène ne peut être attribuée qu'à un métamorphisme de contact.

A 150 mètres du granite, le poudingue devient gris clair, sans trace de ciment, de sorte que l'aspect macroscopique est franchement celui d'un quartzite; au microscope, on constate la disparition presque complète du ciment sériciteux; la tourmaline, contenant quelques inclusions de zircon, apparaît en cristaux volumineux dont le pléochroïsme est vert pâle suivant N_p^c , vert clair suivant N_g^c ; les faces des cristaux sont à angles vifs, ce qui exclut toute hypothèse d'une origine clastique; en outre, la tourmaline moule quelquefois le quartz, ce qui conduit encore à supposer qu'elle est de formation secondaire; comme précédemment, on doit conclure ici à un phénomène de contact métamorphique (fig., page 21).

En résumé, l'influence du magma granitique sur le pou-

dingue pourpré est révélée nettement par la présence, dans ce poudingue, de tourmaline néogène et de mica pœcilitique; l'augmentation constante de la cristallinité du poudingue, au fur et à mesure qu'on échantillonne plus près du granite, s'accorde avec cette hypothèse de métamorphisme exomorphe; par suite, on pourrait attribuer à l'altération de cordiérite secondaire la formation des agrégats sériciteux reconnus dans le poudingue, au voisinage du granite.

III. — SAINT-GEORGES-SUR-ERVE, BRÉE ET NEAU (poudingue pourpré, schistes et calcaires magnésiens de la base du cambrien).

A) Au nord de Saint-Georges-sur-Erve, dans le chemin creux de la Pantinière à la Racerie (ferme de la dépendance de la Touche), à 100 mètres du granite, le poudingue passe à un quartzite franc; les bancs de quartzite plongent légèrement vers le nord, c'est-à-dire vers le massif granitique; quelques lits de quartzite sont riches en biotite; au microscope, on reconnaît que le quartz a recristallisé; la roche porte, en outre, les traces d'actions mécaniques intenses.

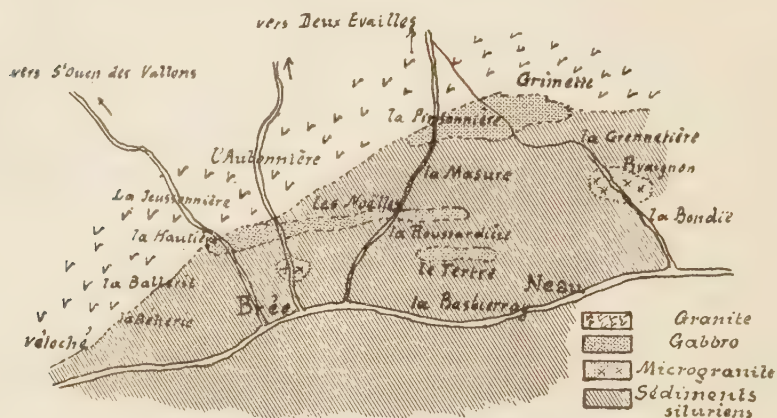
B) A Brée et Neau, la recherche des contacts, avec le granite de Deux-Evailles, s'est opérée dans tous les chemins creux qui convergent vers Deux-Evailles; le terrain y est particulièrement couvert, de sorte que l'on doit se contenter de noter les pointements de rochers d'affleurements; la liaison qu'on peut établir entre ces pointements n'est guère qu'approximative.

Les résultats obtenus montrent tout d'abord que les quartzites, formant un faciès du poudingue pourpré, se rencontrent un peu plus au nord que ne l'indique la carte géologique, alternant avec le granite : en effet, on les voit affleurer à la Jeussonnière, l'Aubonnière, la Pinsonnière; une autre remarque intéressante concerne toute une série de pointements de roches gabbroïques reconnus sur place : ces pointements



Schéma d'après une préparation taillée dans les poudingues de la Médère.

alternent avec les quartzites précédents à l'Aubonnière, à la Pinsonnière, à Grimette; ils jalonnent une série de filons qui paraissent orientés est-ouest, c'est-à-dire, à peu près dans la même direction que les quartzites; la situation de ces filons, dans le poudingue, conduit à les considérer au moins comme siluriens; le contact immédiat du granite, avec ces filons siluriens, est caractéristique : à la Hautière et sur la route de Brée à Saint-Ouen, il comporte des phénomènes d'injection



3
Carte des contacts granitiques de la région de Brée-Nau. Echelle 200.000.

du granite dans ces filons; par ailleurs, à Véloché, Brée, la Hautière, Pivaignon, La Bondie, des affleurements de microgranite décèlent des phénomènes de contact endomorphe au voisinage des sédiments siluriens.

Quant à l'étude des caractères particuliers des roches de contact, elle fournit quelques détails que l'on peut condenser comme il suit :

1^o Quartzites.

À l'œil nu, les quartzites ont généralement l'aspect de roches très compactes, de couleur blanc laiteux, sauf à la Jeussonnière et à la Basbierray où la couleur est un peu rosée; en outre, à la Masure, une teinte plus foncée est due à la présence de grains de magnétite.

Au microscope, on reconnaît deux variétés de cristaux de quartz différenciés à la fois par leur taille et leur structure : les petits éléments, clastiques, proviennent sans conteste du

poudingue silurien; les grands cristaux, xénomorphes, moulent les premiers; leur mise en place est donc postérieure; ces quartz, d'origine secondaire, correspondent vraisemblablement à la montée du magma granitique voisin.

A titre documentaire, on peut signaler, à la Hautière, quelques feldspaths tricliniques en petits cristaux clastiques, des zircons et quelques débris de mica noir.

2° Calcaires.

La carte géologique indique, non loin du granite, une bande de calcaires magnésiens jalonnée par les exploitations de la Basbierray (Brée), Neau, Saint-Christophe-du-Luat; il convient toutefois d'observer que, si le calcaire de la Basbierray est dolomitique, il n'en est pas de même pour les deux autres. Le calcaire de la Basbierray, de couleur gris clair, montre du quartz macroscopique, il est peu attaquable par l'acide chlorhydrique à froid; en plaque mince, on voit de petits cristaux de dolomite, moulés par de la calcite; le quartz semble d'origine secondaire; si l'on réduit la roche en poudre et si l'on enlève successivement la calcite par une attaque à froid à l'acide chlorhydrique, puis la dolomite par une attaque à chaud, on trouve principalement comme résidus des cristaux de quartz en prismes nets, avec faces très allongées; les arêtes des cristaux sont très vives; souvent ces cristaux sont groupés de telle sorte que l'ensemble a l'aspect cunéiforme; le quartz est automorphe.

Les calcaires de Neau et Saint-Christophe, beaucoup plus éloignés du granite, sont de couleur noire; ils font effervescence avec l'acide chlorhydrique; l'attaque à froid fait disparaître entièrement la matière calcaire; elle comporte comme résidu du quartz, des feldspaths, du mica; le feldspath dominant est de l'albite; l'examen microscopique n'a pas permis d'établir si ces feldspaths sont clastiques ou néogènes; le quartz et le mica sont clastiques; à Saint-Christophe, le quartz est pétri d'inclusions de zircon; en outre, on voit en plaque mince deux variétés de cristaux de calcite: ce sont d'une part de petits cristaux xénomorphes, à bords contournés, enchevêtrés, et d'autre part de larges cristaux formant des trainées recristallisées, avec veinules de pyrite.

En somme, les calcaires paraissent avoir été insensibles à l'action du granite dont ils auraient été abrités par le quartzite de la base du silurien.

3^o Roches gabbroïques.

A l'exception d'un échantillon recueilli au carrefour de Grimette, où la roche est grenue, tous les filons ont la structure microgrenue : ce sont des microgabbros et des microdiorites ; même ces dernières semblent plutôt dériver des microgabbros par ouralitisation des pyroxènes ; l'étude spéciale de ces roches gabbroïques en est faite plus loin (voir sous-chapitre II, livre II) ; néanmoins, il convient de parler ici des deux pointements intéressants au point de vue de la question d'âge du granite : route de Brée à Saint-Ouen, la Hautière.

A l'œil nu, il est facile de reconnaître les digitations granitiques dans le gabbro ; dans les deux cas il s'agit de filets dont

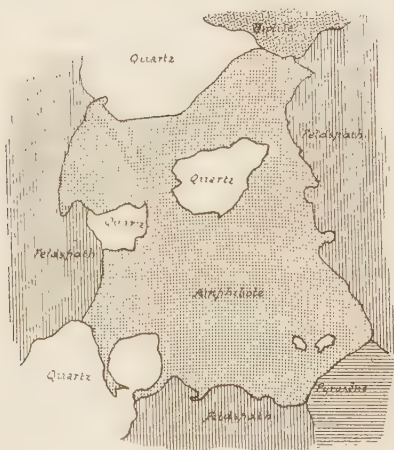


Schéma d'Amphibole poecilitique d'après une préparation taillée dans le contact granitique de Brée-Neau.

la coloration claire tranche nettement sur le microgabbro presque noir ; l'épaisseur de ces filets est de quelques millimètres ; leur longueur varie de trois à dix centimètres ; pour le premier échantillon, il s'agit de granite à mica noir, type de Vire ; le second échantillon concerne une aplitte de ce même granite.

L'étude microscopique met en relief quelques particularités :

a) Route de Brée à Saint-Ouen. — A quelques millimètres des filets granitiques, le microgabbro est encore intact ; mais, plus

près de ces filets, on peut constater un enrichissement notable de la teneur en amphibole ainsi qu'une brusque augmentation du grain de la roche ; en outre, dans le granite même, un peu d'amphibole se développe, moulant les cristaux de quartz et de feldspaths ; par endroits, la quantité de cette amphibole néogène surpasse celle que l'on trouve dans le gabbro, tandis que c'est le cas contraire pour d'autres plaques taillées dans le même échantillon. Dans tous les cas,

on remarque, dans l'amphibole, la présence de cristaux de quartz emballés : cette structure pœcilitique du silicate ferromagnésien constitue ainsi un caractère constant du contact.

b) La Hautière. — Ici, on a deux cas à considérer, suivant la largeur de la veine aplitique d'injection ; s'il s'agit de veine épaisse (d'une largeur dépassant un demi-millimètre), l'injection n'est pas accompagnée de phénomènes endomorphes ; lorsque le filet d'aplite est plus fin, on y voit apparaître l'amphibole ; de plus, les feldspaths de l'aplite normale, qui sont, en l'espèce, de l'orthose et du microcline, passent à des plagioclases à extinctions faibles, inclinant à l'albite : dans le cas de veine mince d'aplite, le phénomène d'injection est donc accompagné d'endomorphisme.

4^o *Microgranites.*

Au point de vue macroscopique, peu de particularités sont à signaler : ces roches, de couleur grisâtre, montrent, assez généralement, de la biotite en abondance ; l'altération donne aux feldspaths une teinte jaunâtre ; exceptionnellement, à la carrière de la Bondie, la roche est de couleur blanche : c'est un type aplitique composé presque exclusivement de quartz et de feldspath.

En plaque mince, on peut observer que les microgranites sont le plus généralement à deux temps bien différenciés ; alors, on trouve les trois minéraux essentiels (quartz, orthose et biotite) au I^{er} comme au II^e temps (Véloché, La Hautière) ; exceptionnellement, la biotite peut faire défaut au II^e temps (Véloché) ; quelquefois, la roche ne comporte que la pâte du II^e temps (cimetière de Brée, Pivaignon, La Bondie, La Ballerie), cette pâte contient alors les trois minéraux ci-dessus, sauf à La Bondie où la biotite fait défaut. Le quartz est à structure granulitique ; quelquefois, les cristaux de ce minéral montrent un enchevêtrement que l'on peut attribuer à une digestion de quartzite par le granite (Véloché, La Hautière) ; l'abondance de quartz peut être telle que le minéral forme plus de la moitié de la roche (cimetière de Brée) ; les feldspaths sont de l'orthose et de l'oligoclase ; ils sont presque toujours altérés ; le groupement micropegmatique de quartz et feldspaths est de règle ; on peut même trouver une roche presque entièrement constituée de micropegmatite d'orthose et de quartz (La Bondie). La biotite apparaît dans quelques points (Véloché, cimetière de Brée, La Hautière, Pivaignon),

plus particulièrement abondante à Véloché et Pivaignon; elle est épigénisée par le quartz; elle présente parfois des inclusions de zircon (Pivaignon); comme minéraux accessoires, on peut citer : à Véloché, l'épidote et la cordiélite, cette dernière sous le faciès d'altération en gigantolite; à Pivaignon, l'apatite fort peu abondante d'ailleurs.

Latéralement, vers La Ballerie, la réduction de quartz est telle que la roche passe à une microsyénite un peu quartzifère; les feldspaths, orthose et oligoclase, y constituent les 5/6 de la roche; ils présentent des associations micropegmatiques avec le quartz; la roche contient, en outre, une petite quantité d'augite.

A Véloché, la syénite s'enrichit notablement en biotite et en pyroxène; elle contient un peu de magnétite; les feldspaths tricliniques, à extinctions faibles, voisins de l'oligoclase, sont abondants; avec l'orthose, ils constituent les 5/6 de la roche; les groupements micropegmatiques d'orthose et de quartz existent comme à La Ballerie. D'après l'abondance de feldspaths calcosodiques, de biotite et de pyroxène, la roche peut être considérée le cas échéant comme un terme de passage au gabbro ou à la kersantite.

5° *Granite.*

Au voisinage du contact même, le granite est presque entièrement décomposé; il faut remonter au nord, vers Deux-Evailles, à la carrière de Chaudevigne, pour trouver une roche relativement fraîche.

L'examen macroscopique indique un granite à mica noir (type de Vire) avec quelques grains de pyrite. Au microscope, les éléments essentiels sont le quartz, l'orthose et la biotite; l'orthose est faculée d'albite et même traversée par des filonnets d'albite secondaire. Comme minéraux accessoires, on trouve un peu d'oligoclase et de muscovite.

IV. — GESVRES

(Grès ferrugineux de Blandouët, cambrien supérieur).

A la carrière de la Chaussée, le contact du cambrien et du granite de la Poôté n'est guère visible par suite des éboulis; le cambrien est représenté par des bancs de quartzite plongeant presque verticalement vers le nord; dans le granite, à proximité des bancs de quartzite se trouvent intercalés plu-

sieurs filets de microgranite de quelques centimètres d'épaisseur qui doivent être considérés comme le résultat du métamorphisme de la montée granitique au contact des sédiments cambriens.

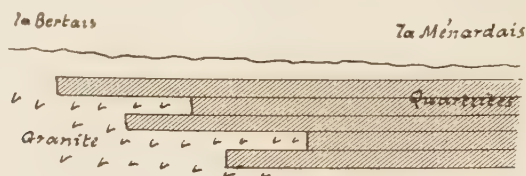
L'examen macroscopique du granite, du microgranite et du quartzite montre que la première roche, type de Vire, est presque entièrement décomposée tandis que la seconde a mieux résisté aux phénomènes d'altération; le mica noir y est plus abondant que dans le granite; les feldspaths sont jaunâtres par suite d'oxydation; quant au quartzite, il est à grains très serrés, de couleur bleuâtre.

L'étude microscopique du granite a été faite sur un échantillon plus frais provenant de la carrière de la Blanchinière; le quartz est à structure granulitique; les feldspaths sont de l'orthose et de l'oligoclase; l'orthose est faculée d'albite; le mica noir assez abondant est riche en inclusions de zircon pléochroïque; la muscovite forme des agrégats sphérolitiques que l'on doit attribuer à des phénomènes de pneumatolise. Le microgranite est une roche à 2 temps de consolidation avec quartz, orthose et oligoclase, biotite à chaque temps; on y voit de grands cristaux de quartz corrodés, moulant fréquemment l'orthose et l'oligoclase; l'orthose est faculée d'albite; les groupements micropegmatiques de feldspath et de quartz sont fréquents; le mica noir abonde surtout au 1^{er} temps. Le quartzite comporte un agrégat de grains de quartz très fins, à extinctions roulantes, mélangés de zircons; il est traversé par des filonnets de quartz secondaire.

V. — VIEUXVY (Grès armoricain. Ordovicien inférieur).

Le contact du granite de Louvigné et du grès armoricain est très net dans le chemin creux de la Bertais à la Ménardais, au voisinage de la ferme de la Bertais; les quartzites sont presque horizontaux, avec un léger pendage vers le nord-ouest; entre les bancs de quartzites, on voit passer des trainées de granite généralement désagrégé; parmi ces intercalations de granite, on trouve un microgranite qui représente un terme de métamorphisme de contact. Des affleurements de ce microgranite se retrouvent aussi à la Bédorais, près de la Roche-aux-Merles constituée elle-même par un affleurement de quartzite. L'indication d'une faille, portée sur la feuille 76 de Laval, au contact du granite et du grès armoricain, ne peut donc être maintenue.

L'examen macroscopique montre que le granite est toujours du type de Vire; il est presque toujours profondément altéré, comme dans les cas précédents, il est très riche en mica noir; le microgranite au contraire est très compact; jaune clair par suite de l'altération des feldspaths, avec quartz, feldspaths, mica blanc et chlorite nettement macroscopiques; le quartzite, à grains très serrés, est blanchâtre à la Roche-aux-Merles, rougeâtre sur la route de Fougères par suite de la présence d'hématite; le fer titané est visible dans cette dernière roche.



Coupe schématique des contacts granitiques de Vieuxvy.

L'étude microscopique du granite n'a pas été faite en raison de l'état de décomposition de cette roche; pour le microgranite, cette étude révèle une roche à deux temps, avec quartz, orthose accompagné d'oligoclase, mica blanc, à chaque temps; le quartz abonde assez pour constituer plus de la moitié de la roche; les feldspaths forment presque tout le reste des éléments; le mica est peu abondant : ainsi, ce microgranite est pauvre en silicate ferro-magnésien et riche en silice, à l'inverse du granite où le mica noir forme près de la moitié des éléments. Au point de vue structural, le quartz est granitique, quelquefois seulement granulitique; l'association micropegmatique de quartz et feldspath est fréquente à la Bédorais, rare à la Bertais; le mica moule généralement le quartz ou les feldspaths; il est même pœcilitique par rapport à ces minéraux. Dans l'échantillon recueilli à la Bertais, on voit des agrégats de muscovite sphérolitique ou lamellaire qui doivent être considérés comme le produit d'altération de feldspath ou de cordiérite; les feldspaths de la roche étant presque intacts, on doit attribuer ces agrégats à une pseudomorphose de cordiérite.

Le quartzite a ses grains de quartz cimentés de quartz secondaire : c'est une roche nourrie par suite de la montée granitique.

VI. — LE TAILLIS (Grès armoricain. Ordovicien inférieur).

En raison de la couverture de végétation, le contact entre le granite de Balazé et le grès armoricain, n'est guère visible; la feuille 76 de Laval indique à ce contact l'existence d'une faille, qu'on ne voit pas d'ailleurs non plus sur le terrain; par contre, un renseignement intéressant est fourni par l'étude microscopique d'un affleurement de quartzite micacé situé entre la ferme du Rocher et la route du Taillis à Vitré.

D'après l'examen macroscopique, le granite de Balazé est du type de Vire, presque totalement décomposé; le quartzite micacé est compact, à grains fins, blanc pailleté de mica blanc; le grès armoricain est à gros éléments, blanchâtre, tacheté quelquefois de magnétite.

Au microscope, le granite montre la prédominance des feldspaths : orthose et oligoclase, dans la répartition des éléments (environ la moitié de la roche); le quartz et le mica noir sont également répartis dans l'autre moitié; le quartz est à structure granitique; la biotite est riche en inclusions pléochroïques de zircon; on trouve en outre de la muscovite comme produit de décomposition du mica noir et de la gigantolite due à l'altération de cordiérite. Le quartzite micacé décèle, d'une part, des cristaux clastiques de quartz et de séricite brisés, et d'autre part, des cristaux à angles vifs de tourmaline, de mica blanc et d'amphibole; ce dernier minéral est, en outre, emballé par du quartz secondaire. La présence de ces cristaux, dont la structure indique une origine non clastique, montre l'action métamorphique du granite voisin sur le quartzite. Quant au grès armoricain, c'est un quartzite à grains fins de quartz clastique accompagnés de grands cristaux à quartz de nourriture; il présente quelques particularités suivant les échantillons : près du Plessis, sur la route de Vitré, l'orientation du quartz de nourriture diffère de celle des grands cristaux; entre le Taillis et le Rocher, le zircon et la magnétite sont abondants; entre la Favrie et le Rocher, les cristaux de quartz ont des extinctions roulantes qui sont la trace d'effets dynamiques.

Ainsi, l'existence d'un affleurement de quartzite métamorphique entre le granite de Balazé et le grès armoricain conduit à rejeter l'hypothèse d'une faille au contact de ces deux roches et à considérer le granite comme ayant affecté les sédiments de l'ordovicien inférieur. Cette nouvelle donnée sur

l'âge du granite s'accorde avec l'existence de quartz secondaire qui a transformé en quartzite la roche sédimentaire.

VII. — LA BIGOTTIÈRE (Grès culminant du gothlandien inférieur).

La couverture de végétation gêne encore ici les recherches du contact avec le granite d'Alexain (Deux-Evailles), la carte géologique (feuille 76 de Laval) indique un contact anormal avec faille; toutefois, dans le chemin creux de la Bigottière aux Cicardières, on peut trouver, près du granite, des affleurements de microgranite qui alternent avec des bancs de quartzite gothlandiens; cette situation du microgranite, en salbande du massif granitique, intercalée dans le quartzite de bordure, conduit à considérer le microgranite comme un terme de contact métamorphique du magma granitique avec le sédiment voisin.

L'aspect macroscopique des trois roches : granite, microgranite, quartzite, diffère peu de celui des roches décrites dans les contacts précédents; on trouve toujours le granite à mica noir presque entièrement désagrégé, le microgranite compact pauvre en biotite, le quartzite à grains plus ou moins serrés suivant que les échantillons recueillis sont proches ou éloignés du granite.

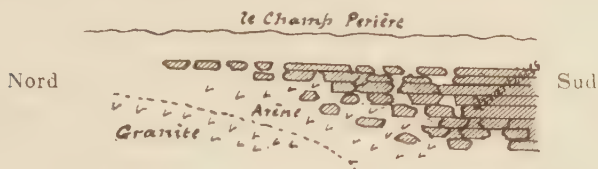
Au microscope, le granite de Deux-Evailles a été étudié plus haut; le microgranite est à deux temps; on ne trouve de mica qu'au II^e temps; le quartz constitue plus de la moitié des éléments; les feldspaths entrent, dans la répartition, pour presque tout le reste; le quartz est de deux sortes : a) de gros grains roulés provenant d'ancien quartzite; b) de petits cristaux secondaires à structure granulitique; les feldspaths sont de l'orthose et de l'oligoclase; ils sont altérés; l'association micropegmatique de quartz et d'orthose est fréquente; elle constitue presque tout le II^e temps; le mica est transformé en chlorite; le sphène existe comme produit secondaire. En somme, le métamorphisme a pour principaux résultats d'enrichir la teneur en quartz et d'appauvrir la teneur en silicates ferro-magnésiens. Au point de vue structural, il amène la formation d'une roche à II temps et l'abondance de groupements micropegmatiques d'orthose et de quartz. Quant au quartzite, il ne présente aucun caractère particulier différent de ceux qui ont été déjà décrits.

En somme, l'action métamorphique du grès culminant sur

le granite de Deux-Evailles conduit encore à rajeunir la montée granitique jusqu'au gothlandien inférieur; en même temps, l'hypothèse de l'existence d'une faille au contact du granite et de la roche sédimentaire ne peut être maintenue.

VII. — BALAZÉ ET CHATILLON-EN-VENDELAIS
(Schistes et quartzites de Plougastel, dévonien inférieur).

Le contact du granite de Balazé avec le dévonien inférieur est visible à la carrière de la Peignerie (le champ Perrière) en



Coupe schématique des contacts granitiques de la Peignerie.

bordure de la route de Vitré, à quelques centaines de mètres au nord de la faille portée sur la feuille 76 de Laval pour indiquer un contact anormal. Le granite, presque entièrement décomposé en arène est surmonté de quartzites dévoniens dont les bancs plongent légèrement vers le nord; certains bancs de quartzites disloqués, sont séparés par l'arène granitique; on doit en conclure que le granite, lors de sa montée, a filé entre les bancs de quartzite préexistants; cette constatation est en désaccord avec l'hypothèse d'une faille de contact indiquée un peu plus au sud. Toutefois, les recherches sur le terrain n'ont pu fournir, à cet endroit, un terme de métamorphisme, sous forme de roche microgèneue.

Le granite, type de Vire, est encore plus décomposé que dans les cas précédents; le quartzite, blanchâtre, est à grains très serrés.

Au microscope, le granite montre du quartz granulitique, de l'orthose et de l'oligoclase très altérés, de la biotite et du mica blanc. L'orthose est faculée d'albite; elle présente des groupements micropegmatiques avec le quartz; le mica noir comporte une particularité intéressante: ce sont des inclusions de rutile, en aiguilles très fines, formant une sorte de treillis désigné sous le nom de sagénite (Minéralogie de la France). Certains cristaux de quartz ont des extinctions roulantes, d'autres sont éclatés: ce sont là des indices d'efforts dyne-

miques sur la roche. La gigantolite forme des groupements sériceux qui peuvent être considérés comme un produit d'altération de cordiérite ou de feldspath. Le quartzite est à grains fins; les cristaux de quartz présentent aussi des extinctions roulantes dues à des effets dynamiques.

D'autre part, à la carrière des Loges, sur la route de Montautour à Vitré, le quartzite dévonien est pailleté de trainées de mica blanc macroscopique; au microscope, on voit des grains de quartz et de biotite clastiques; l'abondance de mica est telle que la roche passe à un schiste micacé quartzifère; on voit en outre des micas polysynthétiques emballant les quartz; ces micas sont englobés à leur tour par du quartz secondaire; la structure pœcilitique du mica et la présence de macles polysynthétiques dans ce minéral dénotent le caractère métamorphique de la roche; ce caractère s'accorde avec la présence de quartz secondaire moulant le mica néogène. Ici, le métamorphisme est exomorphe, contrairement aux cas précédents.

IX. — SAINT-MHERVÉ (Quartzites de Plougastel).

A la carrière de la Reinerie, les quartzites de Plougastel se montrent en bancs presque horizontaux, dans une arène granitique, comme à Balazé et Châtillon-en-Vendelais; cette intercalation de granite, entre les bancs de quartzite, fait supposer que le granite a pénétré entre les bancs de quartzite sans qu'on ait une faille au contact.

Le quartzite est de couleur bleu clair; il est parsemé, par places, de lits de mica blanc macroscopique. En plaque mince, on reconnaît qu'il est constitué essentiellement de cristaux clastiques de quartz nourri et de muscovite. Il est impossible de se prononcer ici sur l'origine de cette muscovite; on ne peut nettement l'attribuer à l'action de la montée granitique.

X. — LA CROIXILLE (Quartzites de Plougastel).

Le contact même du granite et des quartzites n'a pu être repéré exactement; à la carrière de la Moutonnière (nord de la route de Saint-Mhervé, entre les Bruyères et les Haies), le quartzite est de couleur noire, avec de nombreuses taches claires dues à la présence de kaolin jaunâtre accompagné de cristaux de quartz transparents.

Au microscope, la roche est constituée par un agrégat de petits cristaux de quartz clastiques avec quelques éponges de quartz secondaire; on voit, en outre, des débris de microcline, zircon, tourmaline, muscovite, sphène; tous ces éléments sont clastiques. On ne saurait tirer aucune conclusion de la présence de quartz secondaire pour établir ici une relation quelconque de métamorphisme avec le granite; si le quartzite est resté indemne, la cause en doit être recherchée dans l'éloignement du massif granitique distant de un kilomètre environ.

XI. — ARGENTRÉ-DU-PLESSIS

(Culm anthracifère, dinantien inférieur).

A la carrière de la Maissonnette, le contact du dinantien avec le granite du Pertre est très net; les bancs de schiste du culm plongent du nord vers le sud avec un pendage de 30° environ; ils passent progressivement à une arkose où l'on trouve des galets du granite du Pertre.

Comme caractères macroscopiques, l'arkose est de couleur grisâtre, pailletée de mica blanc, à grains plus ou moins grossiers suivant les cas; le granite n'est pas du type de Vire, comme les précédents; c'est un granite à muscovite.

Au microscope, le granite montre du quartz granitique, de l'orthose moulant l'oligoclase, du mica blanc en abondance, un peu de biotite secondaire, des agrégats de damourite. Comme les feldspaths de la roche sont relativement frais, la damourite ne peut être attribuée à la décomposition de ces minéraux; d'après la forme de ces agrégats, il s'agit vraisemblablement de gigantomolite, c'est-à-dire, d'un produit d'altération de cordiérite.

Dans l'arkose, on retrouve, en cristaux clastiques, les éléments du granite du Pertre, agglutinés par un ciment sériciteux.

La présence de cette arkose caractérise une limite supérieure pour l'âge de la montée granitique; il n'est guère possible actuellement de vérifier si cette limite supérieure pourrait être abaissée puisque le dévonien supérieur et le dévonien moyen n'ont pas été signalés dans la région.

RÉSUMÉ

Si l'on veut condenser les résultats de cette étude, on peut dire que l'action métamorphique de la montée granitique sur

les roches siluriennes et dévoniennes s'est produite de diverses manières; ce sont des phénomènes d'injection du granite dans les gabbros siluriens de Brée et Neau, ou bien de pénétration entre les bancs de quartzite à Vieuxvy, à Balazé; des phénomènes d'apport avec développement de cristaux néogènes dans les quartzites à la Médière, au Taillis, à Châtillon-en-Vendelais; des phénomènes d'endomorphisme avec développement de microgranites à Brée, Neau, Gesvres, Vieuxvy, la Bigottière.

B. — ÉTUDE DESCRIPTIVE

§ 1^{er}. — GRANITES.

A l'exception du granite du Pertre, la roche répond au type classique de Vire; c'est une roche grenue, grisâtre, presque exclusivement composée de quartz, orthose et mica noir en proportions à peu près égales; en outre, la cordiérite, en cristaux assez volumineux, se montre dans le massif de Louvigné (Ernée) : ce sont des prismes pseudo-hexagonaux, avec faces pmg^1 , de quelques centimètres de longueur; dans le massif du Pertre, la biotite est remplacée par la muscovite; la roche est alors de teinte plus claire.

Latéralement, le granite peut passer à une syénite, par suite de la réduction du quartz; tel est le cas à Ernée, à la bordure sud du massif de Louvigné, et à Brée, à la bordure sud du massif de Deux-Evailles; ce type est l'objet d'une étude spéciale au chapitre des syénites; la disparition du mica conduit à des types aplitiques (La Pellerine, Saint-Pierre-sur-Orthe, Ernée).

Aux affleurements, la roche est désagrégée par suite de l'altération connue des feldspaths; ce phénomène est plus intense à la périphérie des massifs où la roche passe fréquemment à une arène micacée; vers l'intérieur des massifs, on trouve la roche fraîche dans les carrières dont la fouille atteint une dizaine de mètres de profondeur.

L'étude microscopique renseigne sur les particularités des échantillons recueillis pour la plupart dans le massif de Deux-Evailles.

Le quartz est généralement granitique, c'est-à-dire qu'il forme des traînées cimentant et moulant le reste des éléments; il est quelquefois granulitique, c'est-à-dire, sous forme de cristaux bipyramidés pbe^2 (Brée, Chellé, Etiveau, Saint-Céneri, Saint-Ouen-des-Vallons, Saint-Pierre-sur-Orthe). Les

traces d'efforts dynamiques sur les massifs granitiques sont décelées sur les cristaux de quartz de différentes manières : ce sont des extinctions roulantes (Contest, Neau, Montourtiers, Saint-Beaudelle, Chellé), l'émiettement en mortier (Contest, La Bazouge-des-Alleux), la torsion (Saint-Gemmes-le-Robert, forêt de Bourgon), la torsion suivie de recimentation avec quartz secondaire (La Poôté), la cassure avec fentes remplies de minéraux recristallisés (Moulay). On peut trouver en outre du quartz calcédonieux d'origine secondaire (écluse de Boussard); à Montsûrs, le quartz secondaire pegmatoïde est corrodé.

L'orthose est presque toujours veinulée d'albite secondaire; l'association avec ce plagioclase se présente fréquemment en microperthite; la macle de Carlsbad est assez rare. Les groupements micropegmatiques avec le quartz se rencontrent à Gesnes, Mézangers, Montaigu, Neau, Saint-Céneri.

Une plaque de l'Etang des Trois-Soulares (Neau) présente une particularité intéressante : c'est la présence, en bordure de cristaux de microcline primaire, d'une sorte de bourgeonnement de feldspath secondaire; lorsque deux cristaux de microcline sont en contact, ce bourgeonnement empiète à la fois sur les deux cristaux voisins; il est formé d'un chapelet de cristaux xénomorphes d'albite dont l'orientation est indépendante de celle du microcline. Cette formation d'albite secondaire n'est pas tributaire de phénomènes dynamiques, car la roche ne porte pas trace d'efforts dynamiques; elle semble constituer un phénomène purement chimique. On ne peut expliquer cette albitisation que par une circulation qui aurait imprégné les cristaux déjà formés; elle se serait produite dans les intervalles que les cristaux primaires pouvaient comporter entre eux. Ce phénomène serait analogue à celui de la formation de la myrmekite.

La biotite et la muscovite ne présentent aucun caractère spécial; les cristaux de mica noir sont particulièrement très développés à La Poôté; ils peuvent être entièrement inclus dans les feldspaths (Neau); ils présentent quelquefois des traces de torsion due à des effets dynamiques sur la roche (Saint-Gemmes-le-Robert); les inclusions de zircon sont assez fréquentes (La Bazouge-des-Alleux, Gesnes, Montourtiers, Montsûrs, Sainte-Beaudelle).

Des plagioclases accompagnent l'orthose : ce sont surtout l'oligoclase et l'albite, quelquefois l'anorthose (Saint-Gemmes-le-Robert) ou l'andésine (Gesnes); dans ce dernier cas, la

teneur en anorthite est de 39 0/0; on peut trouver des groupements en zone : albite et oligoclase (Sacé), oligoclase-albite et oligoclase (Sainte-Beaudelle); dans le premier groupement, le feldspath le plus basique est au centre, tandis que dans le second groupement il est à la périphérie. La torsion des macles de l'albite chez les plagioclases montre la trace de phénomènes dynamiques (La Bazouge-des-Alleux, forêt de Bourgon, Contest, Martigné, Neau, Saint-Gemmes-le-Robert).

En outre, divers minéraux accessoires se rencontrent suivant les affleurements échantillonnés; ce sont, par ordre de fréquence :

Le zircon, généralement en inclusions polychroïques dans le mica, plus rarement dans le feldspath, le quartz, la cordiérite (Deux-Evailles). Ces auréoles polychroïques sont quelquefois doubles (Brée, Saint-Céneri, Saint-Georges-sur-Erve, Saint-Ouen-des-Vallons);

La cordiérite, presque toujours altérée, transformée en pinite ou proséolite (Deux-Evailles, Ernée, Neau, Saint-Gemmes-le-Robert); l'altération peut même atteindre un stade plus avancé : ce sont alors des agrégats de damourite (Argentré-du-Plessis, Ernée). Dans cecas particulier, la question s'est posée de rechercher si ces agrégats de damourite pouvaient être un produit d'altération des feldspaths de la roche ou bien de gigantolite due elle-même à une pseudomorphose de cordiérite; la première hypothèse a dû être rejetée en raison de l'état de fraîcheur des feldspaths; au surplus, les échantillons recueillis montrent d'ailleurs la cordiérite macroscopique;

Le sphène, d'origine secondaire, comme produit de décomposition du mica (La Bazouge-des-Alleux, Gesnes, Montigné, Montsûrs); les cristaux sont quelquefois très développés (Gesnes); ils forment, le plus souvent, des agrégats de grains xénomorphes; rarement on trouve des formes géométriques $ph^1 d^{1/2}$ (Montsûrs);

L'épidote, d'origine secondaire, comme produit d'altération du mica (Gesnes, Saint-Céneri, Saint-Ouen-des-Vallons); c'est la zoïsité α en cristaux allongés (Saint-Céneri, Saint-Ouen-des-Vallons);

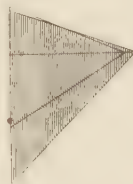
La pennine (Martigné) et la délessite (Neau) en sphérolites, le rutile (Brée) en grands cristaux allongés suivant $m m$, la pyrite xénomorphe (Brée), l'apatite en cristaux aciculaires (La Poôté), l'andalousite (Saint-Ouen-des-Vallons), le grenat (La Bazouge-des-Alleux).

Une analyse a été faite par Pisani sur un échantillon provenant de la carrière de Chaudevigne dans le massif de Deux-Evailles; les résultats bruts de cette analyse donnent les chiffres suivants d'éléments simples :

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
72,30	14,60	"	2,05	1,34	1,24	3,45	3,42	0,12	Traces	1,10	99,62

Ainsi qu'on le verra plus loin, ces chiffres sont à comparer avec ceux de l'analyse du microgranite de la Bigottière; ils s'éloignent notablement de ceux de l'analyse du granite de la Jeusserie étudié plus loin (région d'Ernée).

La représentation graphique en triangles normaux met en évidence un excès d'alumine qui fait placer le sommet du triangle ferro-magnésien du côté des abscisses positives. On voit en outre que la surface du triangle feldspathique est supérieure de fort peu à celle du triangle ferro-magnésien. On retrouve le premier caractère dans les diagrammes relatifs au microgranite de la Bigottière et au granite de la Jeusserie; par contre, pour ces deux roches, la surface du triangle feldspathique est notablement inférieure à celle du triangle ferro-magnésien.



La composition normative fournie par le calcul, répartit les minéraux virtuels de la manière suivante :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
33,30	20,02	28,82	6,12	3,06	"	6,86	"	"	"	0,15	99,43

Le calcul, comme d'ailleurs le diagramme précédent l'a fait prévoir, montre un excès d'alumine, sous forme de corindon; on sait que la présence de corindon virtuel caractérise les roches à cordiérite; il semblerait donc que l'on soit ainsi en désaccord avec les résultats de l'examen en plaque mince qui n'a pas décelé ce minéral, mais on doit observer néanmoins que la cordiérite a été reconnue dans divers échantillonnages du même massif de Deux-Evailles. Dans son ensemble, la composition normative du granite de Chaudevigne est à comparer avec celle des microgranites étudiés plus loin et notamment de celle du microgranite de la Chaussée.

Les chiffres précédents permettent d'établir le classement

de la roche dans la nomenclature américaine; ils conduisent aux paramètres ci-dessous :

$\frac{F}{\text{F}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{Sal}}$	$\frac{\text{fem}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{0.2}\text{NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O}+\text{Na}_2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
54,96	91,32	7,01	13,02	0,58	4,16	$\frac{36}{55} = 0,65$	I (4. 2. 3)

L'examen de ce tableau montre que le paramètre $\frac{Q}{F}$ est très voisin de la limite 0,60 séparative des ordres 3 et 4, tandis que le paramètre $\frac{K}{N}$ est très proche de la limite 0,60 séparative des subrangs 3 et 4; ainsi, la roche, au point de vue chimique, se rapproche des groupes I (3. 2. 4) — I (4. 2. 4) — I (3. 2. 3); le premier de ces trois groupes est peu éloigné de celui où se classe le microgranite de la Bigottière dont les caractéristiques sont I (3. 2. 5); le second est à comparer avec le groupement I (4. 1. 4) où se classe le porphyre pétrosiliceux de Bonne; le troisième est celui où se classe le microgranite de la Chaussée : la comparaison est reportée à l'étude de ces roches faite plus loin.

Les paramètres M. L. comportent d'une part les paramètres magmatiques, d'autre part les paramètres de triangles normaux; ces derniers sont établis en deux groupes avec pour diviseur commun, respectivement dans chaque groupe, les quantités Sal, fem; à ces paramètres (1), on joint trois pourcentages intéressants que l'on porte au tableau ci-dessous :

Paramètres magmatiques

Φ	z	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie
3,99	0,99	1,52	1,65	(VV)(2. 2)	granito dioritique mégapotassique	magnésienne ferrique mésocalcique

Paramètres de triangles normaux

$\frac{K}{\text{K}}$	$\frac{N}{\text{N}}$	$\frac{C}{\text{C}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{Sal}}$	$\frac{F}{\text{F}}$	$\frac{M}{\text{M}}$	$\frac{C'}{\text{C'}}$	$\frac{\text{Sx}}{\text{Sx}}$	$\frac{x\%}{\text{Ssal\%}}$	$\frac{\text{Ssal\%}}{(2\text{K}+3\text{n\%})}$	$\frac{\text{An\%}}{\text{An\%}}$
37	37	13	752	292	191	0	513	7,01	68,7	$\frac{17,2}{17}$

C'est le même magma que pour le microgranite de la Chaussée, le paramètre r est voisin de la limite 0,90, de sorte que la fumerolle est voisine du type mésopotassique; le paramètre ψ est, à 0,02 près, la limite qui sépare les types magnésien et magnésien-ferrique de scorie; de la sorte, les caractéristiques se rapprochent des types (V. IV)(2. 2) — (V. IV)(1. 2) — (V. V)(1. 2); ce dernier type, en particulier, est à comparer

(1) Ces paramètres seront, dans tous les tableaux, exprimés en millièmes.

avec le microgranite de la Bertais dont les caractéristiques sont (V. V) (1. 3). (Voir plus loin).

Les paramètres de triangles normaux, surtout dans le premier groupe, sont fort voisins de ceux du microgranite de la Chaussée (Voir plus loin); la même remarque s'applique aux trois pourcentages.

Enfin, il convient de rechercher, dans le groupe chimique des Toscanoses de l'ouvrage de M. Washington, les roches comparables au granite de Chaudevigne :

α) Au point de vue chimique, seul, sans tenir compte de la structure minéralogique, la roche la plus voisine, parmi les cent vingt-deux analyses portées au groupe considéré est le n° 112, granite à biotite de Crimée, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{35}{56} = 0,52$.

Cette roche de Crimée, comme teneurs d'éléments simples présente avec le granite de Chaudevigne des écarts respectifs de 0,01 pour la soude, 0,1 pour la potasse, de 0,3 à 0,5 pour la silice, le protoxyde de fer, la magnésie et la chaux, 0,9 pour l'alumine; de plus, le granite de Crimée a un peu de sesquioxyde de fer : 1,52; en somme, les deux compositions brutes sont voisines.

La composition normative fournit les mêmes minéraux virtuels pour les deux roches avec des différences respectives de quelques dixièmes, sauf pour l'anorthite où l'écart est de deux unités; cet écart, très faible, est la conséquence de la supériorité du chiffre d'alumine dans la roche de Crimée. En résumé, les compositions normatives sont très voisines.

β) Si l'on tient compte de la structure minéralogique, le granite à biotite de Crimée est en même temps la roche la plus proche du granite à biotite de Chaudevigne. Ainsi, les deux roches se rapprochent chimiquement et minéralogiquement

§ 2. — MICROGRANITES.

Au point de vue macroscopique, ces roches sont caractérisées par une pâte microgrenue, de couleur jaunâtre, grisâtre ou noirâtre, contenant les éléments du granite, parsemée de grands cristaux de quartz et d'orthose, exceptionnellement de mica noir. La pâte microgrenue donne à la roche une grande résistance à l'altération; ce caractère facilite sur le terrain la recherche des types de salbande dans les massifs granitiques.

Au microscope, on reconnaît toujours deux temps de conso-

lisation, quelquefois, les cristaux du I^{er} temps sont rares; la roche ne semble comporter que le II^e temps (Saint-Thomas-de-Courcier). La répartition la plus fréquente est la suivante:

(I) Quartz, orthose; (II) Quartz, orthose, biotite; exceptionnellement le mica noir se montre au I^{er} temps (Averton, Chalons, Montigné, Sacé, Saint-Léonard, Villaines-la-Juhel). Au I^{er} temps, l'orthose peut être accompagnée d'oligoclase (Averton, Andouillé, Châlon, Evron, Montigné, Saulges, Saint-Thomas-de-Courcier, Villiers-Charlemagne); quelquefois l'orthose disparaît (Vimarcé); elle peut être remplacée par l'andésine (Assé-le-Boisne), par l'anorthose associée à l'oligoclase (Nuillé-sur-Vicoin), par l'oligoclase seule (Averton), par l'oligoclase associée à l'albite (Châlon); de même, le quartz peut aussi faire défaut (Nuillé-sur-Vicoin, forêt de Pail). Le I^{er} temps peut être constitué entièrement par des associations micropegmatiques d'orthose et de quartz (Ernée).

Au II^e temps, la pâte contient presque invariablement les minéraux du I^{er} temps, complétés par la biotite quand celle-ci n'existe pas au I^{er} temps. En outre, la pâte fournit des passages au porphyre pétrosiliceux (Alexain, Saint-Léonard, Villaines) ou au porphyre à quartz globulaire (Assé-le-Boisne).

Comme le granite, les microgranites ont été l'objet de phénomènes dynamiques (Assé-le-Boisne, Averton, Changé, Champéou, Saint-Thomas-de-Courcier).

Dans le détail, divers minéraux peuvent présenter quelques particularités : Le quartz du I^{er} temps peut être corrodé; les parois corrodées sont alors remplies de cristaux du II^e temps; quelquefois, le cristal de quartz corrodé est entouré d'une zone de cristaux à orientation nette (Alexain); le minéral peut être d'origine secondaire (Origné, Port-Brillet); rarement, il est bipyramidé (Evron, Origné); il moule quelquefois des sphérolithes d'orthose (Nuillé-sur-Vicoin) ou bien forme un groupement micropegmatique avec l'orthose (Andouillé, Montigné, Neau).

L'orthose du I^{er} temps présente rarement la macle de Carlsbad; ce minéral, au II^e temps, est quelquefois sphérolithique (Saint-Germain-de-l'Hourmel, Villiers); il forme dans certains cas, des associations en micropertithe avec l'albite (Assé-le-Boisne, Evron, Montigné) (1).

(1) Une plaque taillée dans la micropegmatite d'Ernée montre que les plages de micropegmatite orthose et quartz sont latéralement corrodées par de la myrmekite (du II^e temps), anciennement désignée sous le nom de quartz verniculé; la myrmekite forme des bourgeons souvent orientés sur le cristal du I^{er} temps.

L'albite entre quelquefois dans le groupe du 1^{er} temps (Ernée).

La biotite peut être riche en inclusions de zircon (Châlon, Montsûrs, Ruillé, Saint-Léonard), en inclusions de brookite (Ribay).

Le mica blanc est rare (Montigné, Ribay, Saint-Céneri), il peut être palmé (Saint-Céneri) ou bien en paillettes sériciteuses (Changé).

On trouve la chlorite en abondance à Ruillé, la délessite à Parné, le rutile à Montigné, comme produit d'altération du mica, le sphène, d'origine analogue, à Montigné, Montsûrs, Saint-Germain de l'Hourmel; les cristaux de sphène sont très volumineux à Saint-Thomas-de-Courcier; l'épidote, d'origine secondaire, est peu fréquente (Châlon, Saulge); l'apatite est encore plus rare (Saint-Céneri, Brée); il en est de même du fer titané (Montigné), de la pyrite (Neau), du talc (Andouillé).

L'étude chimique a été faite en se basant sur les analyses, effectuées par Pisani, de quatre échantillons, dont les provenances sont respectivement : (A) chemin creux de la Bertais (massif de Louvigné-Gorron), (B) carrière de la Chaussée (massif de la Poôté), (C) chemin creux de la Bigottière aux Cicardières (massif de Deux-Evailles), (D) carrière de la Bondie (massif de Deux-Evailles); les résultats bruts de ces analyses sont les suivants :

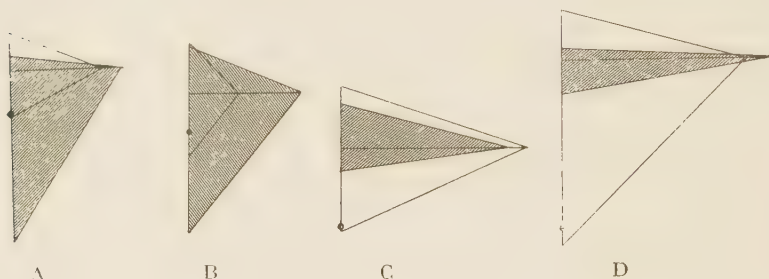
	SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
A	74,81	13,62	0,52	0,69	1,03	0,44	3,19	4,28	"	"	1,00	99,58
B	73,90	12,50	0,62	1,80	1,33	1,26	2,95	3,70	0,73	Traces	1,10	99,89
C	71,80	15,60	"	2,25	1,66	1,16	4,80	0,60	0,07	0,06	1,60	99,60
D	67,10	15,55	1,53	3,92	1,34	0,30	5,65	0,85	0,55	"	2,90	99,69

Ce tableau montre que les deux premières roches sont très voisines : en effet, les écarts respectifs de chiffres, pour le sesquioxyde de fer, la magnésie et les alcalis sont de quelques dixièmes (de 0,1 à 0,5); pour la silice, l'alumine, le protoxyde de fer et la chaux, ces écarts sont d'environ 1 unité.

Les deux autres roches se séparent nettement du premier groupe par les teneurs respectives d'alcalis, de protoxyde de fer et d'alumine; elles sont voisines aussi l'une de l'autre, il est vrai, mais les écarts respectifs entre les chiffres des divers éléments sont plus élevés que dans le premier groupe; ainsi,

ces écarts varient de 0,2 à 0,8 pour l'alumine, la magnésie, la chaux et la potasse, de 1 unité à 2 pour les deux oxydes de fer et la soude; de 4 pour la silice. D'autre part, il est bon d'observer que la roche C se rapproche de la roche B par les teneurs de silice et de chaux, tandis que la roche D est aussi pauvre en chaux que la roche A.

La représentation graphique en triangles normaux met en relief un caractère commun aux quatre roches : l'excès d'alumine qui conduit à placer un sommet du triangle ferro-



magnésien du côté des abscisses positives; pour les roches A et B, la surface de ce triangle est inférieure à celle du triangle feldspathique; tandis que c'est le contraire pour les roches C et D : on a donc encore ici deux groupes bien différenciés; on peut remarquer en outre que dans le deuxième groupe, le triangle feldspathique est très allongé suivant l'axe des X.

La composition normative des quatre roches est fournie par le calcul :

	Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la part au feu
A	36,60	25,58	27,25	2,22	2,75	"	3,52	"	"	0,70	"	99,62
B	37,56	24,68	24,63	6,12	1,53	"	4,88	"	"	0,93	1,37	99,80
C	35,22	3,33	40,35	3,56	5,40	"	8,06	"	"	"	0,15	99,37
D	26,22	5,00	47,68	1,39	4,79	"	8,32	"	"	2,09	1,06	99,45

Cette reconstitution en minéraux virtuels fait ressortir un caractère commun aux quatre roches : un excès d'alumine et de silice; minéralogiquement, l'excès d'alumine correspond à la présence de la muscovite dans les trois premières; la proportion de ce mica, d'après les plaques minces, s'accorde avec les chiffres de corindon virtuel. D'autre part, pour A et B, les chiffres respectifs de minéraux virtuels présentent des écarts faibles : 1 unité pour le quartz, le corindon et l'hypersthène, 3 à 4 pour les feldspaths; pour C et D, on trouve des chiffres différant respectivement de quelques dixièmes en

corindon et hypersthène, 2 unités en orthose, 4 en anorthite, 7 en albite et 9 en quartz : ici, les écarts respectifs sont en majorité plus élevés qu'entre les roches A et B, mais toutefois notablement inférieurs à ceux que l'on trouve en comparant les groupes (A. B) (C. D), écarts qui atteignent près de 20 unités pour l'orthose et l'albite par exemple. Aussi, on est conduit, comme précédemment, à grouper les roches deux à deux : A et B, C et D ; en outre, dans chacun des groupes pris séparément, le voisinage entre les roches se montre plus complet dans le premier que dans le second. Néanmoins ces deux groupements ne sont pas sans liaison de l'un à l'autre ; c'est ainsi que les chiffres de quartz et d'anorthite des types B et C sont très voisins, de même que les chiffres d'anorthite des types A et D. En résultat général, le premier groupe est notablement plus riche en orthose, et le second plus riche en albite.

La classification fournie par les paramètres américains est la suivante :

	F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Quartz}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} \cdot \text{Na}^2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
A	55.05	94.40	4.22	22.37	0.66	12.25	$\frac{46}{32} = 0.88$	I (3.1.3)
B	52.43	91.52	7.18	12.74	0.71	3.90	$\frac{39}{47} = 0.83$	I (3.2.3)
C	49.24	89.56	8.21	10.90	0.71	4.15	$\frac{6}{77} = 0.07$	I (3.2.5)
D	68.27	95.28	4.29	7.50	0.48	2.0	$\frac{9}{91} = 0.09$	I (4.1.5)

Les roches A et B se classent de la sorte dans des groupes qui ne diffèrent que par le rang ; les roches C et D s'éloignent des deux premières par le subrang ; elle s'écartent l'une de l'autre davantage que les roches A et B entre elles, car elles diffèrent à la fois d'ordre et de rang ; on est ainsi conduit, comme précédemment, à associer les types A, B d'une part, C, D d'autre part, de plus, on peut remarquer que la roche A, par son paramètre $\frac{\text{Q}}{\text{F}}$ voisin de 0,60 (limite séparative des ordres 3 et 4), est voisine du groupe I (4. 1. 3) ; elle se rapproche ainsi de la roche D : la principale différence est alors constituée par le chiffre du subrang qui présente un écart de 2 unités pour ces roches A et D ; en comparant les caractéristiques des roches B et C, on ne trouve, comme caractère divergent, que le même écart relatif au subrang.

On peut, pour continuer cette étude, recourir aux paramètres M L :

	Φ	z	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie
A	4,02	1,34	1,17	2,75	(V.V)(1.3)	granito dioritique mégapotasique	magnésienne microcalcique
B	4,42	1,25	1,81	1,91	(V.V)(2.2)	granito dioritique mégapotasique	magnésienne ferrique mésocalcique
C	4,32	0,12	1,35	1,93	(V.I)(1.2)	granito dioritique péiodique	magnésienne mésocalcique
D	3,91	0,15	4,06	1,81	(V.I)(4.2)	granito dioritique péiodique	ferrique mésocalcique

	K	N	C	Saal	F	M	C'	Sx	x%	Saal%	(2K+3n%)	An%
A	45	33	4	771	286	244	0	469	4,22	72,84	18,1	7
B	44	32	13	777	338	185	0	377	7,18	71,16	16,2	19
C	6	53	12	753	*273	202	0	518	8,21	67,50	15,6	12
D	9	66	3	738	475	108	0	371	11,47	62,82	18,6	2

Les paramètres magmatiques mettent en relief un caractère commun de la fumerolle pour les quatre magmas: le type granito-dioritique; en outre, le second caractère de la fumerolle est le même pour A et B, d'une part, C et D d'autre part; ainsi, la comparaison des fumerolles conduit à associer les roches deux à deux comme plus haut; par contre, les scories ne fournissent pas des résultats aussi nets; toutefois, d'après son paramètre U, voisin de 2 (limite séparative des types mésocalcique et microcalcique), le magma B se rapproche des caractéristiques (V. V) (2.3), c'est-à-dire qu'il ne diffère du magma A que par le paramètre ψ dont la valeur, pour A et B, est d'ailleurs assez voisine, de part et d'autre, de la limite séparative 1,5 des types magnésien et magnésien-ferrique; pour les magmas C et D, la scorie présente une différence importante due à l'écart des valeurs respectives du paramètre ψ , mais le second caractère de la scorie est mésocalcique pour les deux magmas: ici, comme précédemment, A et B diffèrent moins entre eux que C et D.

La lecture des chiffres de paramètres de triangles normaux, surtout dans le premier groupe, conduit aussi à associer d'une part A et B, d'autre part C et D.

Le premier groupe de paramètres de triangles normaux indique, pour A et B, des chiffres dont les écarts respectifs sont de quelques millièmes; dans le deuxième groupe, les écarts respectifs, pour les mêmes roches A et B, atteignent quelques centièmes.

Pour les roches C et D, la comparaison de ces paramètres fait ressortir aussi des écarts respectifs de quelques millièmes dans le premier groupe; mais les écarts respectifs dans le deuxième groupe atteignent jusqu'à 2 dixièmes.

En outre, certains paramètres permettent de rapprocher les

roches A et D, d'un côté, B et C de l'autre : pour le premier cas, ce sont les paramètres C et $(2k + 3n) 0/0$, pour le deuxième cas les paramètres C, S_{sal} , M, x , $S_{sal} 0/0 (2k + 3n) 0/0$.

Enfin, de même que pour le granite de Chaudevigne, on peut rechercher dans les groupes de la classification américaine (Washington, 1903) si certaines roches sont comparables aux microgranites A, B, C, D.

(a) Dans le groupe chimique des Alaskoses qui contient 32 roches, le microgranite A (La Bertais) est à comparer au porphyre quartzifère n° 27 de la Forêt-Noire, dont le para-

mètre $\frac{K}{N} = \frac{47}{51} = 0,92$ et au granite n° 25, de la vallée de

Grossachsener, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{52}{55} = 0,94$.

Avec la première roche, les différences respectives de teneurs brutes du microgranite A sont insignifiantes : un centième pour la soude, quelques dixièmes pour les autres éléments, sauf pour la silice où la différence est d'ailleurs faible (3 unités d'écart); les chiffres de minéraux virtuels diffèrent respectivement fort peu : de quelques dixièmes pour l'orthose et le corindon, 1 unité pour l'albite et l'anorthite, 3 à 5 pour le pyroxène et la silice libre; les deux roches diffèrent donc seulement au point de vue minéralogique, puisque celle de la Forêt-Noire est microlitique.

Le granite de la vallée de Grossachsener diffère peu, comme teneurs d'éléments simples, du microgranite A : les différences respectives sont de quelques centièmes pour le protoxyde de fer et la chaux, quelques dixièmes pour les autres éléments, sauf la silice et l'alumine pour lesquelles les écarts respectifs atteignent l'unité; la composition normative indique, pour les deux roches, des chiffres identiques d'anorthite et de silice libre, des écarts respectifs de 1 unité en albite et hypersthène, 12 en orthose et corindon. Ainsi, la parenté chimique est de même ordre que pour le cas précédent.

En résumé, le microgranite de la Bertais est à placer, chimiquement et minéralogiquement, entre le granite de Grossachsener et le porphyre quartzifère de la Forêt-Noire.

(b) Parmi les 29 roches indiquées au groupe des Tehamoses, la roche n° 14 est à comparer avec le microgranite B (de la Chaussée); c'est une granitite d'Heidelberg (Silésie) dont le

paramètre $\frac{K}{N} = \frac{39}{47} = 0,83$.

Comme teneurs brutes, les deux analyses diffèrent respec-

tivement de quelques dixièmes pour tous les éléments, sauf la silice, l'alumine et la chaux dont les écarts respectifs atteignent 1 unité; en particulier, pour la magnésie et les alcalis, les différences respectives varient de 0,1 à 0,2; la composition normative fournit, pour les deux roches, les mêmes minéraux virtuels, avec des différences respectives de quelques dixièmes en orthose, corindon, hypersthène, d'une unité en albite, 3 en silice libre, 5 en anorthite; la différence la plus importante est celle qui concerne ce dernier feldspath virtuel : la granitite est un peu plus riche à cet égard que le microgranite B, parce qu'elle contient un peu plus d'alumine. En somme, ces deux roches sont voisines au point de vue chimique; elles diffèrent minéralogiquement, puisque la roche de la Chaussée est microgrenue.

Il n'y a pas de microgranites portés dans le groupe chimique considéré.

(c) Dans le groupe chimique des Yukonoses, qui comporte 4 roches, la roche n° 4 est à comparer avec le microgranite C (de la Bigottière); c'est une Liparite du Mont Castel (Crimée) dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{8}{77} = 0,10$.

Les résultats bruts d'analyse montrent peu d'écarts entre les éléments respectifs des deux roches : quelques centièmes pour la soude, quelques dixièmes pour les autres éléments, sauf pour la silice qui est supérieure de 3 unités dans la liparite; en outre, la liparite possède du sesquioxyde de fer, mais en faible quantité : 1,12.

Les chiffres respectifs de minéraux virtuels sont identiques pour l'albite et le corindon, différents d'une unité environ pour l'orthose et l'anorthite, de 3 à 4 unités pour la silice libre et l'hypersthène. En somme, la composition normative comporte des chiffres de même ordre pour les deux roches.

Toutefois, si ces roches sont comparables au point de vue chimique, elles diffèrent au point de vue minéralogique, l'une ayant la structure microgrenue et l'autre étant microlitique.

(d) Dans le groupe des noyangoses qui contient 10 roches, on peut comparer à la micropegmatite (D) de la Bondie, l'aplite n° 5 de Rostellec (Bretagne) dont le paramètre $\frac{K}{N} = 0,09$; dans l'analyse brute, les teneurs des divers éléments diffèrent respectivement de quelques dixièmes au plus (de zéro à 0,5 exactement) sauf pour la silice et l'alumine où les écarts respectifs sont de 4 et 2; la composition normative répartit les

minéraux virtuels avec des chiffres peu voisins dans les deux roches : mêmes chiffres pour l'orthose et le corindon, de 1 à 2 en plus en quartz, anorthite, hypersthène pour l'aplite, 5 d'albite en plus pour cette même roche. Comme le micropegmatite de la Bondie est aussi de type aplitique, on peut identifier à peu près les deux roches tant au point de vue minéralogique qu'au point de vue chimique.

§ 3. — RHYOLITES.

Ces roches ont déjà fait l'objet d'une étude détaillée de Michel-Lévy en ce qui concerne la coulée de Fresnay, dans les Coëvrons (*Géologie de la Sarthe*, 1886, p. 371, *in* Guillier) et les pointements voisins d'Entrammes (Albitophyres du bassin de Laval, *C. R. Ac. sc.*, 1896); on peut ajouter à ce travail quelques compléments fournis par l'étude d'échantillons de la coulée d'Argentré à Vaiges, de la coulée d'Argentré-du-Plessis, de pointements voisins d'Entrammes, et par l'examen de diverses plaques relatives à toutes ces coulées.

A l'œil nu, l'aspect de la roche diffère suivant l'échantillonnage; elle est nettement porphyrique, avec de grands cristaux du 1^{er} temps noyés dans une pâte verdâtre à Averton; elle est presque exclusivement pâteuse, de couleur rouge clair à Soulgé (le Clou), noirâtre à Lhuissérie, gris clair à Argentré-du-Plessis.

Au microscope, on observe, deux temps de consolidation :

(I) Quartz, orthose, biotite; (II) pâte à quartz globulaire, pétrosiliceuse, micropegmatique à étoilement, sphérolithique suivant les cas.

On trouve de nombreux passages aux microgranites, surtout dans la trainée d'Argentré à Vaiges (Argentré, Châlon, Nuillé-sur-Vicoin, Villiers-Charlemagne); des passages aux orthophyres (Entrammes, Soulgé); quelquefois, la pâte, d'abord vitreuse, est devenue cristalline par action secondaire (Villaines, Argentré-du-Plessis).

Dans le détail, on peut relever quelques particularités :

Au 1^{er} temps, le quartz est rarement bipyramidé : alors il est corrodé (Assé-le-Boisne). L'albite forme des groupements en microperthite avec l'orthose (Assé-le-Boisne, Entrammes); exceptionnellement, ce minéral accompagne l'orthose en phénocristaux indépendants (Entrammes, Saint-Ouen-de-Mimbré, Voutré).

Au 2^e temps, l'orthose peut former des sphérolithes (En-

trammes, Lhuisserie); ce minéral peut être accompagné de microlites d'oligoclase (Entrammes).

La calcédoine, d'origine secondaire, forme quelquefois des filonnets (Entrammes, Voutré). L'épidote se rencontre à Voutré.

Quelques échantillons montrent des traces de phénomènes dynamiques (Entrammes, Rivet, Saint-Ouen-de-Mimbré, Saint-Pierre-sur-Orthe).

L'étude chimique a été faite à l'aide d'analyses de Pisani relatives à une rhyolite d'Argentré-du-Plessis (La Poulinière), au porphyre globulaire de Soulgé-le-Bruant (Le Clou) et au porphyre pétrosiliceux de l'écluse de Bonne à Lhuisserie.

La rhyolite de la Poulinière a peu de phénocristaux de feldspaths alcalins; la pâte est peu cristalline : elle comporte de vagues sphérolithes de feldspaths et des éponges de quartz; on peut reconnaître une cristallisation en boutonnières à orientation vaguement parallèle; la roche a dû être, au début de l'épanchement, une rhyolite entièrement vitreuse, puis a subi vraisemblablement, par la suite, des phénomènes de dévitrification; les phénocristaux de quartz manquent totalement; la roche ressemble au type classique de la rhyolite de Lusclade (Mont-Dore).

Le porphyre globulaire du Clou est presque uniquement formé d'éponges de quartz du II^e temps; on trouve quelques phénocristaux d'orthose.

Le porphyre pétrosiliceux de Bonne est entièrement formé de sphérolithes d'orthose et de quartz, sans phénocristaux; en bordure des sphérolithes on trouve des associations micropegmatiques d'orthose et de quartz.

D'après les résultats bruts d'analyse, les porphyres du Clou et de la Poulinière sont assez voisins : en effet, les teneurs respectives des éléments varient seulement de quelques dixièmes; le plus grand écart est de 0,8 pour l'alumine; il est nul pour le protoxyde de fer.

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Perte au feu	Total
la Poulinière	76,81	12,35	0,21	0,69	1,66	„	2,55	4,95	„	„	0,20	99,42
le Clou	77,10	13,10	0,64	0,69	1,03	0,37	3,05	4,58	0,07	„	0,50	101,13
Bonne	76,10	11,39	„	2,70	0,59	0,60	4,65	2,95	0,07	„	0,90	99,95

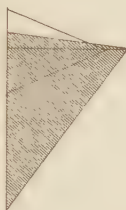
La rhyolite de la Poulinière, il est vrai, n'a pas de chaux, tandis qu'on en trouve dans le porphyre du Clou; toute fois, cette dernière roche en contient fort peu, moins de 4 dixièmes: on voit donc que la différence n'est pas grande. Par contre, la

roche de Bonne s'écarte des deux autres surtout par les chiffres de protoxyde de fer, et d'alcalis. Elle se rapproche du granite de Chaudevigne avec lequel on pourra faire la comparaison plus loin.

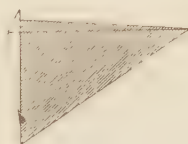
La représentation graphique en triangles normaux fournit pour les deux premières roches une figure assez voisine; un caractère commun s'affirme par la place du sommet du triangle ferro-magnésien sur le côté des abscisses positives, par suite



LA POULINIÈRE



LE CLOU



BONNE

d'alumine libre. Une légère différence est indiquée par la forme du triangle feldspathique : celui de la roche du Clou ayant un sommet dans les ordonnées positives, tandis que celui de la Poulinière n'a pas de sommet sur la partie positive de l'axe des Y; ce cas se reproduit, ainsi qu'on le verra plus loin, pour la micropegmatite d'Ernée, (le Petit Bizeul).

La composition normative, fournie par le calcul, est la suivante :

	Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la partie au Fe
La Poulinière	40,32	28,91	21,48	0	2,86	0	5,29	0	0	0,23	0	99,29
Le Clou	39,24	27,24	25,68	1,67	2,45	0	3,26	0	0	0,93	0,15	101,12
Bonne	33,78	17,24	39,30	1,67	0	1,21	5,76	0	0	0	0,15	100,01

Ce tableau montre encore que les deux premières roches sont voisines; les chiffres de quartz, orthose, corindon, hypersthène diffèrent respectivement peu : de 0,4 à 2; la seconde a un peu plus d'albite que la première, environ 4 en plus; elle contient un peu d'anorthite, tandis que la première n'en contient pas du tout; mais la différence est insignifiante. Par contre, la roche de Bonne s'éloigne des deux autres par les chiffres d'orthose et d'albite; ainsi, elle a environ 10 d'orthose en moins et 14 d'albite en plus : c'est là une différence appréciable. Incidemment, on peut se demander pourquoi la roche de Bonne, quoique plus riche en chaux que la roche du Clou, n'a cependant pas plus d'anorthite virtuelle; le calcul

justifie cette singularité par deux raisons : pauvreté de la première en alumine et consommation élevée d'alumine par la formation d'albite virtuelle; deux autres conséquences de cette infériorité du chiffre brut d'alumine sont la formation de diopside virtuel et l'absence de corindon.

Les paramètres américains permettent de classer les roches comme suit :

	F	Sal	fem	Sal Fem	Q ₂₀ NL F	K ₂ O.Na ₂ O CaO	K N	Groupe
La Poulinière	50,39	93,57	5,52	16,95	0,80	∞	1,26	I (3.1.3)
Le Clou	54,59	96,28	4,34	22,18	0,71	16,33	1	I (3.1.3)
Bonne	58,21	91,99	7,42	12,90	0,58	17,66	0,41	I (4.1.4)

Ces paramètres classent les deux premières dans le même groupe chimique; la troisième roche diffère des deux autres par l'ordre et le subrang : elle avoisine le granite de Chaudé-
vigne qui appartient au groupe I (4. 2. 3.)

Pour rechercher d'autres indications, on peut employer les paramètres M L.

↳	<u>φ</u>	<u>z</u>	<u>ψ</u>	<u>U</u>	Caractéristiques	Fumerolle	Score
La Poulinière	4,19	1,94	0,54	∞	(VV)(1.3)	granito dioritique mégapotasique	magnésienne microcalcique
Le Clou	4,13	1,50	1,28	3,53	(VV)(1.3)	granito dioritique mégapotasique	magnésienne microcalcique
Bonne	3,66	0,63	4,57	4,50	(V.IV)(4.3)	granito dioritique méopotasique	ferrique microcalcique

	<u>K</u>	<u>N</u>	<u>C</u>	<u>Ssal</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>C'</u>	<u>Sx</u>	<u>x%</u>	<u>Ssal%</u> (2K+3n%)	<u>An%</u>	
La Poulinière	52	27	0	787	163	300	0	545	5,52	73,8	17,6	0
le Clou	47	32	3	781	301	237	0	428	4,34	75,24	18,2	6
Bonne	32	50	3	791	379	82	37	494	7,12	72,66	19,8	4

Les trois magmas ont deux caractères communs : type granito-dioritique de la fumerolle et microcalcique de la scorie; de plus, les deux premiers magmas sont du même groupe comme les conclusions précédentes l'ont établi.

Les paramètres K, N, C, $S_{sa} 0/0$, C' , et $(2k + 3n) 0/0$ sont de même ordre pour les roches de la Poulinière et du Clou; tandis que les paramètres F, M, S_x diffèrent notablement; les caractères communs sont donc en majorité pour ce groupement. Les paramètres C, F, S_x et $(2k + 3n) 0/0$ de la roche de Bonne diffèrent peu de la moyenne des paramètres respectifs du premier groupe, par contre les autres s'éloignent davantage.

On peut comparer, au point de vue chimique, les roches de la Poulinière et du Clou avec les microgranites de la Chaussée et la Bertais qui appartiennent au même groupe chimique

des alaskoses; comme teneurs brutes, les chiffres respectifs d'éléments diffèrent de quelques dixièmes, sauf pour la silice où la différence peut atteindre 2; de même, pour la composition normative, les écarts sont faibles; en somme, les chylolites et microgranites sont voisins. On arrive à des conclusions de même ordre par l'examen des triangles normaux et des paramètres magmatiques M. L.

La roche de Bonne est à comparer avec le granite de Chaudevigne et la micropegmatite d'Ernée dont elle ne diffère que par le subrang; avec le granite de Chaudevigne, les teneurs brutes d'éléments diffèrent respectivement de quelques dixièmes, sauf pour la silice, l'alumine où l'écart est de 3 environ et la soude où l'écart est de 1, 2; la composition normative se ressent de ces différences: ainsi l'orthose, l'anorthite, le corindon diffèrent chacun de 3 environ, l'albite de 11; avec la micropegmatite d'Ernée les différences d'éléments bruts sont moindres sauf pour la potasse; les minéraux virtuels diffèrent moins que dans le cas précédent, sauf l'orthose où la différence est de 12. En somme, la roche de Bonne est loin d'être aussi proche chimiquement du granite de Chaudevigne et de la micropegmatite d'Ernée, que les rhyolites ne le sont des microgranites précédents. L'examen des triangles normaux montre une différence importante avec le granite de Chaudevigne: la situation du sommet du triangle ferro-magnésien dans les ordonnées négatives par suite du défaut d'alumine; la micropegmatite d'Ernée est aussi plus voisine de la roche de Bonne comme la conclusion précédente l'avait établi. L'étude des paramètres M L conduit à des résultats de même ordre.

Dans les groupes chimiques de la classification de Washington, quelques roches sont à comparer avec ces rhyolites:

(a) Dans le groupe des alaskoses, la roche la plus proche de la rhyolite de la Poulinière est la rhyolite n° 32, d'Omahu (Nouvelle Zélande) dont le paramètre $\frac{K}{N} = 1,04$; parmi les teneurs brutes d'éléments simples, la silice, la magnésie et la potasse diffèrent respectivement d'une unité environ dans les deux roches; pour le reste, l'écart est de quelques dixièmes (alumine et fer), même de quelques centièmes (chaux et soude); la composition normative donne les mêmes minéraux virtuels pour les deux roches, avec des différences insignifiantes pour l'albite, l'anorthite, le corindon; les écarts pour le quartz, l'orthose et l'hypersthène varient de 5 à 7. En somme, les

deux roches sont très voisines chimiquement et minéralogiquement.

(b) Dans le même groupe, on trouve plusieurs roches à comparer avec le porphyre du Clou : l'aporhyolite n° 11 du Maine, le porphyre quartzifère n° 27 de la Forêt-Noire, le granite n° 30 de Bavière. La seconde roche notamment, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{47}{51} = 0,92$, a des chiffres de teneurs brutes qui diffèrent respectivement de quelques dixièmes des teneurs du porphyre du Clou ; pour la chaux, l'écart est même inférieur à un dixième ; la composition normative fournit les mêmes minéraux virtuels, pour ces deux roches, avec des chiffres différant de 0,1 (corindon) à 2 (silice). On peut donc considérer ce porphyre de la Forêt-Noire comme comparable au porphyre pétrosiliceux du Clou, tant au point de vue chimique qu'au point de vue minéralogique.

(c) Le groupe des Kallerudoses comporte une roche comparable à la rhyolite de Bonne : c'est la rhyolite n° 2 de Montana, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{32}{87} = 0,36$; cette dernière roche, il est vrai, n'a que des traces de magnésie et de chaux, mais la rhyolite de Bonne est elle-même très pauvre à cet égard, de sorte que cette différence perd de son importance ; les teneurs des divers éléments simples présentent des écarts respectifs de quelques dixièmes, sauf la silice et le protoxyde de fer pour lesquels les différences respectives sont 4 et 2 ; la composition normative indique des chiffres de même ordre pour le quartz, l'orthose, l'albite et l'hypersthène avec des écarts respectifs de quelques unités ; la rhyolite de Montana n'a ni anorthite, ni diopside, mais la rhyolite de Bonne n'en a guère ; de même, cette dernière roche n'a pas de corindon virtuel tandis que celle de Montana montre un excès insignifiant d'alumine : 0,2. En somme, ces deux roches sont assez voisines.

§ 4. — ETUDE COMPARATIVE DES ROCHES DE LA FAMILLE DES GRANITES.

On peut résumer les résultats des études précédentes en comparant entre elles toutes les roches de la famille des granites :

(a) *Caractères minéralogiques.* — On a vu plus haut que ces roches comportent des types grenus, microgrenus, microliques ; les plus importants, au point de vue de la répartition

en surface, sont les granites; les rhyolites forment des coulées fort développées; les microgranites ne constituent généralement que des accidents dans les massifs granitiques.

Le granite est du type de Vire, avec, en outre, de la cordiérite comme élément accessoire important; le microgranite comporte quartz et orthose au I^{er} temps, quartz, orthose et biotite au II^e temps; la rhyolite contient des phénocristaux de quartz, d'orthose, de biotite dans une pâte à quartz globulaire, ou bien pétrosiliceuse, sphérolithique, micropegmatique à étoilement.

(b) *Caractères chimiques.* — On peut condenser dans un tableau les caractéristiques des roches étudiées :

		D'après les Paramètres américains	D'après les Paramètres magmatiques	
			Fumerolle	Scorie
Microgranite de la Bectaw	(A)	I (3.1.3)	(v.v)	(1.3)
Rhyolite de la Foulbrière		I (3.1.3)	(v.v)	(1.3)
Rhyolite du Clou		I (3.1.3)	(v.v)	(1.3)
Microgranite de la Chaussée	(B)	I (3.2.3)	(v.v)	(2.2)
Microgranite de la Bigottière	(C)	I (3.2.5)	(v.1)	(1.2)
Rhyolite de Bonne		I (4.1.4)	(v.1v)	(4.3)
Microgranite de la Bondie	(D)	I (4.1.5)	(v.1)	(4.2)
Granite de Chaudévigne		I (4.2.3)	(v.v)	(2.2)

D'après le tableau de la première colonne, la rhyolite de Bonne et le microgranite de la Bondie forment un groupe qui s'écarte un peu des autres roches; le granite de Chaudévigne, dont le paramètre $\frac{Q}{F}$ est 0,58, très proche de la limite 0,60 séparative des ordres 3 et 4, étant voisin du type I (3. 2. 3), doit être rapproché des cinq premières roches du tableau; on ne doit pas oublier que ce dernier type est le plus important, en fait, puisqu'il concerne la roche dont le gisement, dans l'espace, est le plus développé.

Le tableau des caractéristiques M L fournit aussi un groupe à peu près homogène pour les quatre premières roches et la dernière; mais, ici, le microgranite de la Bigottière (C) s'éloigne notablement de ce groupe par la deuxième caractéristique de la fumerolle, il se rapproche, à cet égard, du microgranite de la Bondie (D); on a vu d'ailleurs (page 43) que les caractéristiques de paramètres américains fournissent des caractères de convergence entre ces deux roches; la méthode de calcul M L n'est donc pas en désaccord avec les résultats du classement américain.

§ 5. — COMPARAISON AVEC LES ROCHES DE LA FAMILLE DES GRANITES ETUDIÉES DANS LA RÉGION NORD DU PLATEAU CENTRAL.

Les roches de cette région ont fait l'objet d'une étude détaillée de la part de M. Albert Michel-Lévy (Les terrains primaires du Morvan et de la Loire. *Bulletin de la carte géologique*, tome XVIII, 1908); les résultats de cette étude peuvent être comparés avec ceux qui ont été fournis pour la bordure d'envoyage des massifs granitiques armoricains.

Le granite de Chaudevigne se classe dans le même groupe américain I (4. 2. 3) que le granite de Lormes; il diffère un peu de ce dernier par les caractéristiques M. L; celles-ci correspondent au type (IV, V) (2. 3) pour le granite de Lormes et (V. V) (2. 2) pour le granite de Chaudevigne; toutefois, dans le premier, la valeur du paramètre Φ est de 3,4, voisine de 3,5, limite séparative des fumerolles granito-dioritique et alcalino-granitique; de même, la valeur du paramètre U est de 2,1, proche de 2,0 limite séparative des scories microcalcique et mésocalcique; ainsi, les caractéristiques M. L du granite de Lormes se rapprochent du type (V. V) (2.2) qui correspond au granite de Chaudevigne.

Parmi les quatre microgranites dont l'analyse a été citée au paragraphe intéressé de cette étude, le microgranite A (La Bertais) possède les mêmes caractéristiques chimiques que le granite de Luzy, soit I (3. 1. 3) dans la classification américaine, (V. V) (1. 3) dans la classification M. L; le microgranite B (La Chaussée) diffère peu de ce même type.

Les porphyres pétrosiliceux de la Poulinière et du Clou se classent dans le même groupe chimique que le porphyre pétrosiliceux du Chandelier, aussi bien dans la classification américaine avec le type I (3. 1. 3), que dans la classification M. L avec le type (V. V) (1. 3); quant au porphyre de Bonne qui se place dans le groupe I (4. 1. 4) de la classification américaine et dans le groupe (V. V) (4. 3) de la classification M. L, il peut être comparé au porphyre pétrosiliceux de Mont-Chérus dont les caractéristiques sont I (4. 1. 3) dans la classification américaine et (V. V) (1. 3) dans la classification M. L; les deux magmas diffèrent surtout par les valeurs du paramètre Ψ qui sont de 4,57 pour la roche de Bonne et 0,56 pour celle du Mont-Chérus.

En résumé, au point de vue chimique, les granites, microgranites et rhyolites de la bordure S. E. du massif armoricain présentent de nombreux caractères communs avec les roches correspondantes du nord du massif central.

CHAPITRE II

Famille des Syénites

A. — SYÉNITES

§ 1^{er}. — SYÉNITES D'ERNÉE ET DE LA BALLERIE.

Un seul pointement de syénite franche a été rencontré à Ernée, sur la périphérie du massif granitique de Louvigné-Gorron; un affleurement de syénite quartzifère a été découvert à La Ballerie (près Brée), sur la bordure méridionale du massif de Deux-Evailles.

Le pointement de la Ballerie concerne une roche grenue, à gros éléments, grisâtre, riche en magnétite; les feldspaths dominants sont des plagioclases; le quartz, peu abondant, est macroscopique. En plaque mince, on voit que la roche est composée presque exclusivement de feldspaths; ces cristaux constituent les 5/6 de la totalité des éléments; le reste comporte, en proportions à peu près égales, magnétite, pyroxène et quartz. Les feldspaths sont de l'orthose et de l'oligoclase; l'orthose présente des groupements micropegmatiques avec le quartz.

Le pointement d'Ernée fournit une roche grenue presque exclusivement composée de feldspaths et de mica noir, avec un peu de muscovite; les feldspaths sont en grands cristaux porphyroïdes. Au microscope, le feldspath dominant est du microcline; on trouve, en moindre quantité, de l'albite dont l'origine est de deux sortes : l'albite primaire est en petits cristaux xénomorphes; l'albite secondaire est en filonnets ou veinules dans le microcline, ou bien, en bordure de ce dernier minéral; dans ce dernier cas, l'albite moule le microcline. La biotite, en cristaux développés, est particulièrement riche en inclusions de zircon et de minéraux titanifères, tels que la brookite. Le sphène, la pennine, la muscovite existent comme produits secondaires. En outre, la roche a subi des phéno-

mènes dynamiques, ainsi que l'indique l'ondulation des macles des feldspaths.

§ 2. — BROOKITE.

La présence d'oxydes de titane en inclusions dans les micas est un phénomène banal; l'abondance de ces inclusions est aussi d'ordre courant; toutefois, dans la syénite d'Ernée, les micas sont littéralement bourrés de minéraux inclus à tel point qu'il a paru intéressant de tenter l'isolement de ces derniers. Un premier essai a permis de reconnaître dans ceux-ci, la brookite, le rutile, l'anatase, le zircon; il a, en outre, appelé l'attention sur deux particularités : l'exiguité des dimensions des cristaux (quelques dixièmes de millimètre), la forme en tablettes aplaties (suivant h^1) de la brookite. Cet aplatissement de la brookite, notamment, a l'inconvénient de permettre aux cristaux, malgré leur densité élevée voisine de 4, de flotter dans les liqueurs denses et même dans l'eau. Il en résulte que les méthodes courantes de séparation sont en défaut. Néanmoins, une récolte convenable de cristaux a pu être effectuée, à l'aide de procédés spéciaux qu'il peut être intéressant d'indiquer.

(α) *Procédés d'extraction.* — Les micas, où se trouvent les minéraux recherchés, existent dans la roche, en proportion de 1/10 environ par rapport aux feldspaths; il convenait tout d'abord d'essayer une première séparation, pour isoler les micas. A cet effet, le prélèvement des échantillons de la syénite a porté de préférence sur les affleurements où l'altération des feldspaths était le plus avancée. Le concassage ainsi facilité, les éléments ont été répartis, par tamisage, en groupes de grains calibrés aux diamètres de 2 m/m, 1 m/m, 0,5 m/m, 0,25 m/m, 0,125 m/m. Un lavage à l'eau courante a débarrassé ces poudres de toutes les impuretés dues à l'altération des feldspaths : ces poudres ne contenaient plus alors que des micas et des feldspaths non altérés. Divers essais de séparation mécanique ont été alors tentés, pour se débarrasser des feldspaths; le tamisage n'a donné aucun résultat; la lévigation a échoué de même. Un essai par les liqueurs denses eût peut-être été préférable, mais il a dû être abandonné en raison de la dépense; en effet, comme il a été nécessaire de traiter près de 10 kilogrammes de roche, on eût été conduit à employer près de 100 litres de liqueur dense (au prix moyen de 10 francs le litre). Faute d'isolement des micas, il a fallu se résoudre à attaquer le mélange de feldspaths et de micas

par les acides : les feldspaths ont pu être ainsi désagrégés, puis les micas restants ont été traités à leur tour; la récolte des minéraux recherchés a été faite dans les divers résidus.

Dans le but d'obtenir des cristaux plus volumineux, il convenait d'opérer sur la poudre à gros grains, dont les micas avaient 2 m/m de diamètre environ; l'attaque aux acides a eu des résultats insignifiants pour la désagrégation des feldspaths, en raison précisément de la grande dimension des grains; l'expérience a dû être alors poursuivie sur les autres poudres : le résultat a été convenable à la condition d'opérer avec l'acide chlorhydrique bouillant, pendant plusieurs jours. On obtient ainsi, d'une part, une dissolution dans l'acide chlorhydrique de diverses matières ferrugineuses et alumineuses, d'autre part un mélange de matériaux résiduaux tels que : albite, brookite, zircons, etc.

Pour recueillir ces résidus, l'enlèvement de la dissolution d'acide chlorhydrique doit être opéré de manière à éviter l'entraînement des cristaux microscopiques. Le procédé employé a comporté des lévigation successives dans des capsules de grand diamètre; il est bon d'utiliser, à cet effet, la porcelaine blanche qui permet d'apercevoir plus facilement la coloration foncée des cristaux de brookite. Sur la poudre résiduaire, recueillie et séchée, divers essais furent tentés sans succès pour séparer de l'albite les cristaux de brookite, zircons, etc. Il fallut traiter le mélange, à chaud, par l'acide fluorhydrique; on se sert, bien entendu, d'une capsule de platine en ayant soin d'opérer sur une faible quantité de poudre à la fois; il faut, pour obtenir une attaque complète de l'albite, additionner d'un peu d'acide sulfurique. Le résultat de ce traitement comporte un mélange de grains, de diverses dimensions, de sulfates alcalins blanchâtres provenant de l'attaque du feldspath, et de cristaux microscopiques de brookite, anatase, rutile, zircon respectés par les acides; parmi ces minéraux, la brookite seule était décelée par sa coloration: les autres ne peuvent être reconnus qu'à l'aide du microscope, en opérant sur des échantillonnages prélevés dans le mélange et placés ensuite sur une lame de verre.

La récolte finale des cristaux fut effectuée ensuite en opérant sur ce mélange de sulfates alcalins et de minéraux; mais, comme ce mélange comportait à la fois des grains volumineux très durs de sulfates alcalins agglomérés et de la poudre impalpable de ces mêmes sulfates, associés également avec les minéraux à isoler, il fut nécessaire d'employer deux pro-

cédés différents, après séparation convenable des deux parties du mélange à l'aide d'un tamisage.

(a) *Traitement de la poudre à gros grains.*

Une séparation préliminaire peut être opérée par simple brassage, dans un verre à pied, à l'aide d'une faible quantité d'eau. Afin que les mouvements de brassage aient une ampleur suffisante, il faut se servir d'un vase de grande capacité (environ 500 centimètres cubes); la quantité de poudre doit être faible pour éviter des projections de matériaux hors du vase; il faut de l'eau pour faciliter l'évolution des grains, mais il en faut très peu afin d'éviter l'entraînement de cristaux de brookite vers la surface où ils flotteraient; à cet effet, la hauteur du niveau de l'eau, au-dessus de la poudre, ne doit pas dépasser 0^m,02 environ. On agite le verre circulairement, en maintenant le pied du verre dans un plan horizontal : ce qui est facile à réaliser en appuyant le vase sur une table. Ce mouvement de rotation provoque un brassage des grains qui se déposent par éléments calibrés dont les plus volumineux se réunissent à la partie supérieure, et les plus fins au fond du verre à pied; on peut voir alors, vers le fond, une quantité appréciable de cristaux de brookite; en outre, on remarque que les divers lits d'éléments calibrés sont séparés par un mince filet de cristaux de brookite dont la coloration brune tranche sur la blancheur des sulfates alcalins. On laisse reposer et lorsque l'eau qui surmonte est devenue claire, on la vide doucement de manière à ne pas modifier les positions respectives des lits d'éléments calibrés. Par suite des phénomènes de capillarité, les grains se maintiennent parfaitement agglutinés, lorsqu'on penche le verre; de la sorte, on peut enlever le premier lit de gros grains à la partie supérieure; il suffit, pour aider à la chute de ces grains hors du vase, de manœuvrer un agitateur en verre sur les parois internes du vase; on opère ainsi jusqu'au plan où se trouve le premier filet brunâtre de cristaux de brookite. On replace alors le vase sur la table, on ajoute une faible quantité d'eau comme précédemment et l'on recommence le mouvement de rotation indiqué plus haut : cette manœuvre a pour résultat de faire descendre vers le fond du vase, le filet de brookite laissé à la partie supérieure : cette brookite vient renforcer le filet placé immédiatement au-dessous, et séparant les deux groupements supérieurs de sulfates alcalins; on obtient ainsi, en couronne, un lit de

sulfates à grains un peu moins volumineux que dans le cas précédent. Après avoir laissé reposer, on vide l'eau supérieure et on enlève le lit supérieur de sulfates alcalins; comme on a fait précédemment. En opérant de proche en proche, on réunit finalement au fond du vase un mélange de cristaux de brookite et de petits grains de sulfates alcalins que l'on ne peut plus séparer par simple brassage. Ce mélange est recueilli, séché dans une capsule de porcelaine et versé sur un tamis de 0 m/m 125; il est nécessaire, bien entendu, de nettoyer, à l'aide d'un pinceau de blaireau, les parois et le fond de la capsule où pourraient adhérer des cristaux microscopiques. Ce tamisage permet de séparer les cristaux intéressés de la majeure partie des impuretés.

Un examen au microscope permet de reconnaître que la poudre tamisée est constituée de cristaux de brookite, rutile, anatase, zircon, de micas incomplètement attaqués et d'impuretés diverses. Un dernier traitement à chaud, par l'acide fluorhydrique, dans une capsule de platine, doit être répété à plusieurs reprises pour réduire complètement les micas. Il reste alors une poudre impalpable contenant, outre les cristaux à recueillir, une quantité appréciable d'impuretés. Un traitement à chaud, au moyen d'alcalis, amène la dissolution de la majorité de ces impuretés; mais il se forme alors des grumeaux gélatineux qui englobent de nombreux cristaux de brookite et n'en peuvent être séparés par voie de lavage. L'emploi de l'acide chlorhydrique à chaud permet de dissoudre, à son tour, la matière gélatineuse. Finalement, une lévigation effectuée dans les conditions indiquées plus loin, par vases étagés, permet d'éliminer le reste des impuretés.

(b) Traitement de la poudre impalpable.

Ainsi qu'il a été observé plus haut, l'examen microscopique d'une prise d'échantillon effectuée sur le liquide laiteux contenant en suspension des débris impalpables de sulfates alcalins, avait décelé une quantité appréciable de cristaux d'oxyde de titane et de cristaux de zircon; par suite, le traitement de ces poussières dut être essayé.

Après une attaque à chaud par la potasse, puis par l'acide chlorhydrique, comme précédemment, la séparation par tamisage ne pouvait être employée, en raison de la ténuité des éléments; la lévigation à l'aide d'un courant d'eau circulant dans des vases étagés destinés à recueillir les cristaux de den-

sité assez élevée fut effectuée avec succès, en employant quelques précautions : en effet, lorsque les vases sont disposés par ordre de capacité décroissante à partir du robinet d'écoulement, une circulation d'eau trop rapide risque d'entraîner les cristaux microscopiques; une circulation trop lente est impuissante à débarrasser des impuretés. On peut employer un faible courant d'eau, à la condition de disposer les vases par ordre de capacité croissante dans le sens de la direction du courant; en outre, il faut munir le robinet de prise d'eau d'un ajutage effilé de manière à conduire la circulation d'eau vers le fond du premier vase; enfin, il est nécessaire de n'opérer le traitement des poussières que par faibles quantités à la fois. Un réglage convenable du débit permet ainsi de recueillir dans les deux premiers vases la presque totalité des cristaux débarrassés de toutes impuretés; il est facile de se rendre compte, par l'examen au microscope, de gouttelettes prélevées dans les autres vases, qu'aucun cristal n'y est entraîné.

Le résultat final de ce traitement sur dix kilogrammes de roche s'est traduit par une récolte de moins de deux grammes de cristaux microscopiques de brookite, anatase, zircon; le rendement a été de 0,02 0/0 environ; la brookite constitue presque toute la totalité des cristaux (99 0/0); le zircon entre presque pour 1 0/0; l'anatase est en quantité insignifiante.

(*β*) *Résultats minéralogiques.* — La netteté des formes est remarquable; les angles des faces sont très vifs; on peut expliquer ces résultats : le zircon, minéral d'origine primaire englobé postérieurement par le mica, a pu conserver ses faces nettes en raison de sa dureté; la brookite et l'anatase, d'origine secondaire, se sont développés dans le mica; ces minéraux plus tendres se sont trouvés protégés par leur enveloppe micacée. Le traitement de la roche au laboratoire, effectué avec des précautions convenables, a permis de recueillir les cristaux presque indemnes.

L'anatase se présente sous forme de tablettes carrées sectionnées par le clivage p ; les cristaux sont incolores en lumière naturelle; le zircon se montre en prismes $h^1 b^1$, très ramassés ou très allongés suivant les cas; les zones d'accroissement et les inclusions dans ces zircons, sont nettement visibles. La brookite est en tablettes aplaties suivant h^1 , généralement fragmentaire, avec les faces p , b , et une face de la zone $e^{1,2} g^1$. Le plan des axes optiques est dans p pour les rayons rouges, dans g^1 pour les rayons bleus; il est à 45° de ces deux

directions pour les rayons jaunes. L'écartement des axes optiques a été mesuré à l'aide d'un micromètre oculaire à fil mobile, d'après la méthode indiquée dans la *Minéralogie de la France* par M. Lacroix (introduction, page xv); ce mode opératoire, complété par une mesure directe de l'angle des axes optiques sur un mica témoin, comporte en fait des mesures de sinus, non des mesures d'angles vrais : cette méthode suppose donc que les valeurs des sinus sont proportionnelles à celles des angles, ce qui n'est pas exact; l'erreur toutefois est faible pour les petits arcs. Les résultats ainsi obtenus sont les suivants, pour l'écartement des axes :

Lumière rouge : 52°; lumière jaune : 39°, lumière bleue : 32°.

La brookite présente, en outre, dans ces cristaux microscopiques, une particularité intéressante : c'est une pseudomorphose en rutile, concernant rarement un cristal entier; cette pseudomorphose se présente à la périphérie et se propage vers le centre, par bandes parallèles dirigées suivant p , c'est-à-dire, perpendiculairement à l'axe principal du cristal de brookite; les extinctions de ces bandes sont à 30 degrés de p et s'opèrent en deux groupes séparés par suite de l'existence de macles. Cette pseudomorphose de brookite en rutile a déjà été signalée dans des cristaux macroscopiques (Max Bauer, *Neues Jahrbuch*, 1891, p. 221); elle n'avait pas encore été reconnue dans des cristaux microscopiques.

La densité de la brookite a été mesurée par la méthode du flacon, mais en opérant d'une manière spéciale pour éviter toute cause d'erreur occasionnée par la facilité que présentent les cristaux de surnager fréquemment dans l'eau :

1° Peser le flacon rempli d'eau jusqu'au repère du tube capillaire surmontant le bouchon.

2° Ajouter la poudre de cristaux de brookite : la plus grande partie de ces cristaux tombe au fond du flacon, le reste surnage; ajouter de l'eau pour se débarrasser des cristaux qui surnagent; placer le bouchon et faire en sorte que l'eau vienne jusqu'au repère du tube capillaire; peser le flacon contenant l'eau et la brookite.

3° Sécher à l'étuve, jusqu'à évaporation complète de l'eau du flacon; placer ensuite le flacon dans un dessiccateur à acide sulfurique pendant vingt-quatre heures, peser le flacon contenant la brookite séchée.

4° Enlever la brookite, laver le flacon, sécher à l'étuve, laisser le flacon dans un dessiccateur pendant vingt-quatre heures, peser le flacon vide.

On obtient de la sorte le poids de la brookite et son volume; le chiffre de densité trouvé a été de 4,15, légèrement supérieur à celui que l'on donne couramment pour la brookite; cette différence doit être attribuée à la pseudomorphose en rutile : la présence de ce minéral, plus lourd que la brookite, introduit en effet une cause d'erreur dans les mesures prises.

(γ) *Conséquences au point de vue géologique.* — On sait, d'autre part, que la brookite détritique a été signalée dans divers sédiments secondaires du bassin de Paris par M. Cayeux (*Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires*); on peut rechercher si la présence de ce minéral, en raison de sa rareté, peut fournir quelques renseignements au sujet de l'étude des courants à l'époque secondaire.

La carte ci-contre indique la répartition géographique des dépôts crétacés où M. Cayeux a trouvé de la brookite, associée à du zircon. On voit de suite que ces dépôts sont cantonnés dans deux régions distinctes du bassin de Paris; l'une concerne la craie du Nord et le pays de Bray, l'autre la craie du Sud-Ouest. Certains dépôts en sont totalement dépourvus : la craie de la région de Rouen, — le crétacé ouest et nord-ouest, — la craie du sud-est. Ces interruptions dans un dépôt dont la série est continue permettent d'affecter une origine différente à chacun des courants qui ont véhiculé la brookite : l'un venait du nord vers le pays de Bray et n'a pas atteint la région de Rouen, l'autre venait du sud-ouest et s'est dirigé vers Tours et Vendôme.

La provenance de la brookite amenée par les courants du nord n'a pu être exactement déterminée, faute de gisements convenablement repérés dans les massifs de roches éruptives du nord de l'Europe; on doit seulement reconnaître qu'à l'époque thanétienne, le courant du nord a continué à transporter la brookite puisque ce minéral a été signalé, par M. Cayeux, dans les tuffeaux Landéniens à *Cyprina plana* de Mons-en-Barœuil.

Il est logique d'attribuer la provenance de la brookite amenée par le courant du sud-ouest à la destruction de roches éruptives du massif armoricain où deux gisements de brookite ont été reconnus; tous deux sont situés dans la Mayenne (Ernée, route de Ribay à Javron) ainsi que l'indique la *Minéralogie de la France* (tome IV); comme ces gisements sont près de la bordure ouest du bassin de Paris, et comme cette bordure ouest ne comporte pas de brookite dans ses

sédiments crayeux, il faut en conclure que l'entrée du courant intéressé dans le bassin se produisait non pas directement par l'ouest, mais par une voie détournée située plus au sud.

Si l'on examine, dans le détail, la répartition des apports de ce courant, on peut reconnaître quelques particularités :

Dans la vallée de la Loire, à Saint-Avertin (1 kilomètre au



Schéma indiquant les gisements de craie à brookite dans le crétacé du bassin de Paris.

S. E. de Tours), la brookite apparaît dans la craie à *Trigones* ; elle subsiste dans la craie jaune sableuse à nodules aplatis et disparaît dès que se présente le banc de craie jaune immédiatement supérieure à la précédente.

Dans la vallée du Cher, entre Selles et Saint-Georges-du-Cher (près de Chenonceaux), la brookite ne se rencontre que dans le niveau de calcaire jaune de Saint-Georges-du-Cher.

Dans la vallée du Loir, on trouve la brookite aux trois niveaux du tuffeau de Saint-Paterne immédiatement supérieur à la craie à *Inoceramus labialis*, c'est-à-dire, dans le tuffeau de la gare de Saint-Paterne, dans le tuffeau à pinces de *Callianassa*, et dans le tuffeau de la base de la tranchée de Torchay ; la brookite fait défaut dans les deux bancs suivants de calcaire saccharoïde à *Ostrea auricularis* et de craie glauconieuse à

Rhynchonella vespertilio ; elle fait une nouvelle apparition dans la craie à *Bryozoaires* à Valledieu, près Château-du-Loir, pour disparaître définitivement au niveau de la craie de Vendôme.

On peut en conclure que le courant du sud-ouest, véhiculant la brookite, a envahi à peu près en même temps la région de ces trois vallées, au turonien supérieur ; il a cessé de pénétrer dans cette région un peu avant la fin du turonien supérieur ; il est revenu, une seconde fois, au sénonien inférieur, dans l'une de ces vallées seulement, celle du Loir.

D'autre part, tous ces sédiments, en ce qui concerne ces cristaux détritiques, comportent une caractéristique générale : la brookite est à la fois rare et fragmentaire ; on peut chercher à expliquer ces deux faits par l'étude faite au sujet du gisement de syénite albitique d'Ernée : en premier lieu, les gisements de roche à brookite du massif armoricain sont peu fréquents et peu développés ; de plus, la teneur en poids, de ce minéral, est assez faible : 0,02 0,0, par exemple, dans la syénite d'Ernée ; pour toutes ces raisons, la teneur en brookite des sédiments ne saurait être élevée. De plus, la mise en liberté des cristaux de brookite nécessite la désagrégation complète des micas où ce minéral forme des inclusions ; à cet égard, l'action, même prolongée, des eaux, est sans résultat appréciable au point de vue chimique ; la destruction des micas ne peut s'opérer que mécaniquement ; elle nécessite donc un brassage intense des divers éléments de la roche éruptive ; une telle opération a pour résultat d'amener en même temps, la fragmentation des cristaux ; ce morcellement est d'ailleurs d'autant plus facile que la dureté du minéral est assez faible (6), c'est-à-dire, à peu près celle du verre, et que la fragilité des cristaux est assez grande en raison de leur forme tabulaire.

TRACHYTES

(Orthophyres et Albitophyres.)

Ces roches ont déjà fait l'objet d'une étude de Michel-Lévy (*C. R. Ac. Sc.*, 1896, p. 264). L'examen a porté sur le dyke du Bégon, constitué par une albitophyre porphyroïde à grands cristaux d'albite et à microlites d'albite, sur les dykes de Parné, du Roseau et de Jouanne, constitués par une ortho-albitophyre.

On peut y ajouter quelques renseignements provenant, les uns d'un échantillonnage récent au Bégon et au Rocher du Riblay (Entrammes), à la ferme de l'Enclos (Lhuisserie), au Rocher d'Orvilette (Parné), au Moulin du Cormier, au Ton d'Orthe et au Gravier (Averton), les autres de plaques du Museum de Laval relatives à des pointements échantillonnés par M. Ehlert à Gesnes-le-Gandelin, Livet, Parné, Voutré, Ribay, La Croixille, Sainte-Suzanne.

Indépendamment des types classiques décrits par Michel-Lévy, on trouve des passages aux microgranites (Averton, Entrammes, Parné), aux porphyres pétrosiliceux (Entrammes), aux porphyres globulaires (Averton), aux porphyrites (Entrammes, Saint-Léonard-de-Bois); la roche peut être complètement vitreuse, au contact de schistes (Parné); fréquemment, elle a été l'objet d'une quartzification secondaire (Entrammes, Lhuisserie); cette quartzification a été particulièrement intense à Entrammes où la roche passe presque à un quartzite.

Dans le détail, l'étude des minéraux fournit quelques observations :

Le quartz présente fréquemment la structure poëcilitique (Entrammes, Averton); il est souvent d'origine secondaire, comme on l'indique plus haut : il remplit alors des boutonnières bordées de feldspath et rappelant les lithophyses de rhyolite (Averton).

La calcédoïnese rencontre exceptionnellement (Entrammes) : dans une plaque mince où l'albitophyre est traversée par un filon de calcédoïne, on voit ce dernier emballer sur ses bords quelques grands cristaux d'albite ainsi que des microlites.

L'orthose existe en grands cristaux et en microlites indennes dans l'orthophyre franche, en grands cristaux faculés d'albite dans l'ortho-albitophyre; elle peut être sphérolitique (Entrammes), arborisée (Parné).

L'albite se voit en grands cristaux et en microlites dans l'albitophyre; elle peut exister comme minéral d'origine secondaire (Entrammes); elle peut former des associations en micropertthite avec l'orthose (Parné).

L'anorthose est rare; on la trouve en grands cristaux à Entrammes et Villaines. La biotite existe au 1^{er} temps (La Croixille, vallée du Merdereau); elle est surtout abondante à Sainte-Suzanne et à la Croixille.

Le mica blanc se montre à Lhuisserie, comme produit secondaire.

L'analyse d'un échantillon d'ortho-albitophyre recueilli à

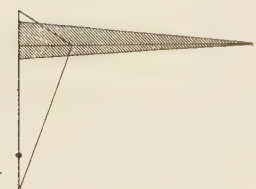
la carrière du Bégon a été faite par Pisani; à l'œil nu, c'est une roche, à l'aspect porphyrique, avec de grands cristaux de feldspath noyés dans une pâte blanc verdâtre. Au microscope, on voit au I^{er} temps : albite, orthose faculée d'albite; au II^e temps : albite en microlites; la roche montre un peu de quartzification secondaire : l'échantillon choisi est le moins quartzifié de toute la série examinée. Les résultats bruts de l'analyse sont les suivants :

SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
73,10	13,20	0,26	3,60	0,92	0,59	6,30	0,35	0,92	"	1,10	100,34

Ces chiffres sont assez voisins de ceux qui concernent l'analyse faite par M. Léon Bertrand en 1906 (*C. R. Ac. Sc.* 1896) : les chiffres d'alumine, chaux, soude diffèrent respectivement de quelques dixièmes; par contre, l'échantillon analysé en dernier lieu est plus riche en magnésie et en silice de quelques unités, en potasse de 1,5 environ.

Aucun des porphyres pétrosiliceux, étudiés précédemment, ne se rapproche de cette analyse; les roches, de la famille des granites, qui sont les plus voisines, sont le microgranite de la Bigottière et la micropegmatite de la Bondie, riches en soude et pauvres en potasse.

La représentation graphique en triangles normaux met en évidence un excès d'alumine qui place le sommet du triangle ferro-magnésien du côté des abscisses positives; le triangle feldspathique occupe une surface peu développée en raison de la faible teneur en chaux et en potasse : ce triangle est assez peu différent du triangle feldspathique du microgranite de la Bigottière; par contre, le triangle



ferro-magnésien de cette deuxième roche est notablement plus développé que dans l'ortho-albitophyre du Bégon : cela tient à ce que l'excès d'alumine diffère notablement pour les deux magmas.

La composition normative fournie par le calcul est la suivante :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
30,12	2,22	53,45	2,78	1,33	"	7,18	"	"	0,46	1,67	100,31

Cette répartition met en évidence un chiffre élevé de silice en excès : cette teneur est de même ordre que celle du micro-

granite de la Bigottière et de la micropegmatite de la Bondie; les chiffres d'orthose, albite, anorthite, corindon, hypersthène se rapprochent respectivement aussi de ceux qu'on trouve pour ces deux roches; la micropegmatite de la Bondie notamment est la plus voisine comme anorthite et albite.

Les paramètres américains fournissent le classement suivant :

$\frac{F}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{un}}\text{NL}}{F}$	$\frac{\text{K}^2\text{O}\cdot\text{Na}^2\text{O}}{\text{CoO}}$	$\frac{K}{N}$	Groupe
58,45	89,90	9,31	9,65	0,51	10 60
				$\frac{4}{102} = 0,03$	I [4.1.5]

D'après ces résultats, la roche du Bégon appartient au même groupe chimique que la micropegmatite de la Bondie; d'autre part, le paramètre $\frac{O}{F}$ est voisin de la limite 0,60 qui sépare les ordres 3 et 4 : la roche du Bégon se rapproche ainsi du groupe chimique I (3. 1. 5) auquel appartient le microgranite de la Bigottière; on a vu, plus haut, que ces microgranites ne sont pas sans parenté chimique avec les rhyolites de la région. Au surplus, le porphyre du Bégon se rapproche d'autre part du porphyre pétrosiliceux de Bonne I. (4. 1. 4); par suite, la roche du Bégon ne forme pas un type aberrant dans la série pétrographique.

Les paramètres M L fournissent en outre quelques renseignements.

Φ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Série
3,54	0,05	4,19	6,54	(V.1)(4.3)	granite dioritique porphyroïque
					ferrique microcalcique

$\frac{K}{3}$	$\frac{N}{70}$	$\frac{C}{6}$	$\frac{S_{\text{sal}}}{773}$	$\frac{F}{414}$	$\frac{M}{98}$	$\frac{C'}{0}$	$\frac{Sx}{386}$	$\frac{x\%}{9,31}$	$\frac{S_{\text{sal}}\%}{63,48}$	$\frac{(2K+3n\%)}{19,6}$	$\frac{An\%}{4}$
---------------	----------------	---------------	------------------------------	-----------------	----------------	----------------	------------------	--------------------	----------------------------------	--------------------------	------------------

On voit que le magma est voisin de celui de la micropegmatite de la Bondie, dont les caractéristiques sont (V. I.)(4. 2); il se rapproche du microgranite de la Bigottière (V. I.)(1. 2) seulement par la fumerolle; le paramètre Φ est voisin de la limite 3,5 des groupes V et IV, tandis que le paramètre Ψ est voisin de la limite 4 des groupes 4 et 3 : le magma forme donc un terme de passage aux groupes (IV. I.)(4. 3) — (IV. I.)(3. 3) — (V. I.)(3. 3). D'autre part, les paramètres de triangles normaux du magma du Bégon fournissent des chiffres comparables à ceux de la micropegmatite de la Bondie pour les deux séries, à ceux du microgranite de la Bigottière pour la première série seulement (K. N. C. S_{sal}).

Enfin, le groupe chimique des noyangoses de M. Washington comporte deux roches comparables au porphyre du Bégon : la roche n° 2, rhyolite sodifère de Berkeley (Californie) dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{12}{111} = 0,10$ et la roche n° 6, albite porphy-

rite de Pozoritta (Autriche) dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{6}{122} = 0,04$.

Dans la rhyolite de Berkeley, les teneurs brutes sont peu différentes de celles de la roche du Bégon : l'écart est de 0,02 pour l'alumine, quelques dixièmes pour les autres éléments, sauf pour la silice où il atteint 2 unités seulement ; par contre, la composition normative met en relief quelques différences : la rhyolite, quoique plus riche en chaux de 0,4 à moins d'anorthite (une unité environ), pas de corindon virtuel, et moins de pyroxènes (environ 4 unités) ; en outre, ces pyroxènes comportent surtout du diopside (2, 6) et peu d'hypersthène (0,5).

La raison de ces écarts est due à ce fait que la rhyolite est un peu plus riche en alcalis (de 1,2 environ) ; l'alumine est insuffisante à saturer toute la chaux pour la formation d'anorthite virtuelle ; le reste de chaux disponible est alors employé pour le diopside. Il convient d'observer, d'ailleurs, que les écarts signalés sont faibles.

Dans l'albite-porphyrite de Pozoritta, les teneurs brutes de chaux, magnésie, potasse sont sensiblement les mêmes que dans la roche du Bégon puisque les écarts respectifs varient de 0,1 à 0,3 ; la roche est en outre plus riche en soude de 1,3, en alumine de 3 unités, en silice de 5 unités ; la quantité de fer est à peu près la même, mais la roche de Pozoritta a plus de sesquioxyde et la roche du Bégon plus de protoxyde. La composition normative fournit les mêmes minéraux virtuels dans les deux roches avec des chiffres peu différents respectivement (l'écart varie de 0,5 à 1 unité), sauf pour le quartz et l'albite où la différence atteint 10 unités, comme conséquence des teneurs brutes en silice et en soude ; toutefois, l'importance de cet écart s'atténue par suite de l'élévation des chiffres de silice libre et d'albite dans les deux roches.

LIVRE II

FAMILLES DES ROCHES A FELDSPATHS CALCOSODIQUES

CHAPITRE PREMIER

Région d'Ernée-Fourbois

SOUS-CHAPITRE I. — MASSIF D'ERNÉE-FOURBOIS

§ 1^{er}. — INTRODUCTION (Gabbros et Diabases).

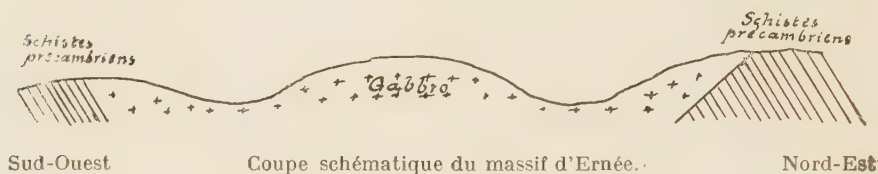
La feuille de Laval (n° 76 de la carte géologique au $\frac{1}{80.000}$) indique de nombreux filons de diabase andésitique ou quartzifère orientés nord-ouest, qui traversent les massifs granitiques, ainsi que les schistes et quartzites du silurien supérieur. Une masse assez importante, à contour elliptique, se montre à proximité de la bordure méridionale du massif granitique de Louvigné-Gorron, à un kilomètre environ au nord d'Ernée; non loin de là, vers l'ouest, au moulin de Fourbois, un autre pointement de roche éruptive porté sous la rubrique de diabase, semble en relation avec la roche d'Ernée. On peut étudier, d'une part, la région d'Ernée-Fourbois, d'autre part les filons d'orientation nord-ouest, ou autres, disséminés à travers les massifs granitiques et les schistes ou quartzites siluriens.

Gisement et âge. — La surface occupée par les pointements d'Ernée et de Fourbois peut être facilement délimitée, grâce aux voies ferrées qui les traversent en tranchée, à divers cours d'eau et à quelques carrières à ciel ouvert.

Le gisement d'Ernée est sillonné par la ligne de Mayenne à Fougères, et par celle du tramway de Landivy, par les rivières

de l'Ernée et de la Porte, par le ruisseau de la Riautière. On y trouve les carrières de Mauny, du Petit-Bizeul, de la Bretonnière; son étendue est de quelques kilomètres carrés; sa forme est celle d'un dôme dont la partie supérieure est quelque peu ondulée.

Le gisement de Fourbois est traversé en tranchée par la ligne de Mayenne à Fougères; il est bordé au sud par le ruis-



seau de la Rivaudière; il forme un petit dôme, à contour elliptique, de moins d'un kilomètre carré de surface, allongé suivant la direction nord-ouest.

Les deux masses émergent au milieu de schistes précambriens; la première se prolonge au nord, vers la Blanchardière, par un filon, indiqué sur la carte géologique comme diabase andésitique, traversant le granite de Louvigné-Gorron; au nord-ouest, la carrière de Mauny montre la roche d'Ernée en contact avec le granite taillé à pic; à l'est (Le Gué) et à l'ouest (Vahais) les affleurements du granite et de la roche d'Ernée sont côte à côte, sans toutefois que le contact soit nettement visible. Partout ailleurs (Panard, Le Fay, les Rondellières), la masse d'Ernée est en contact avec les schistes précambriens; au carrefour du chemin de Carelles et de la route de Landivy, on peut voir ces schistes traversés presque verticalement par la roche éruptive. Quelques bancs de schistes feldspathisés existent comme enclaves dans la roche d'Ernée (tranchée du tramway, près la gare d'Ernée-Etat, tranchée de la ligne de l'Etat près la Germionnière) : ces schistes sont identiques à ceux que le granite de Louvigné a métamorphisés. Ainsi, l'intrusion de la masse d'Ernée dans le granite, son prolongement dans le granite par le filon de la Blanchardière, la présence d'enclaves schisteuses métamorphisées par le granite, permettent de supposer que cette masse est postérieure au granite. Quant au gisement de Fourbois, il est entouré de toutes parts par les schistes précambriens; son âge ne peut être déterminé directement; sa relation avec la masse d'Ernée conduit à le considérer comme d'âge voisin.

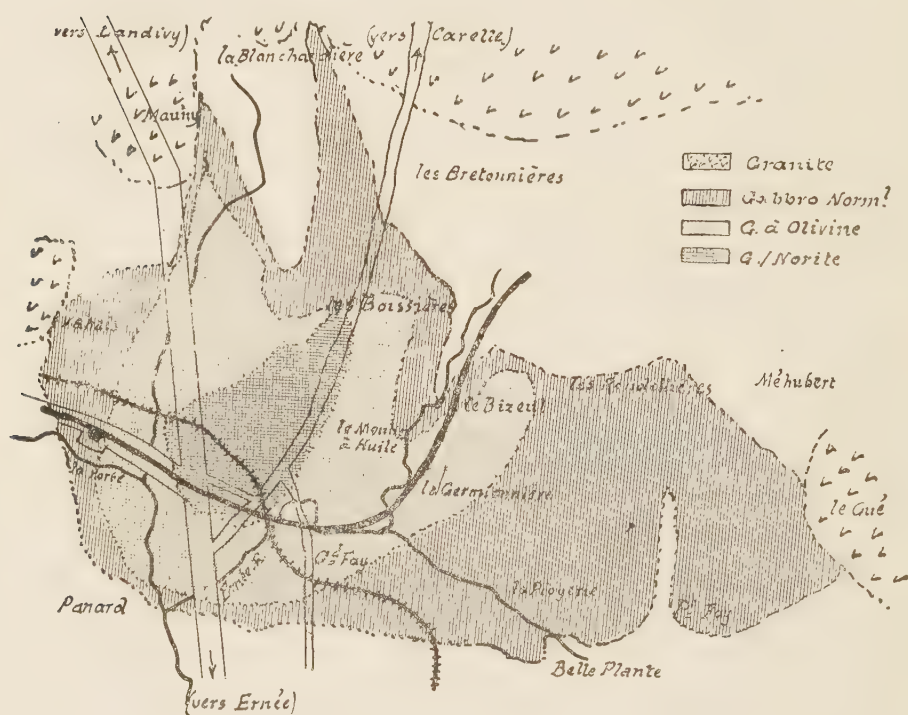
Dénomination. — La roche présente divers types parmi lesquels deux ont une importance exceptionnelle en raison de leur fréquence dans la masse : ce sont des types de roche grenue où les feldspaths peuvent être moulés par les pyroxènes, sans toutefois être, d'une façon constante, aplatis sur g^1 (010); de la sorte, malgré une légère tendance à l'ophitisme, la structure grenue domine au point qu'on ne puisse maintenir la dénomination de diabase : l'aspect xénomorphe des feldspaths conduit à choisir la dénomination de gabbro; cette dénomination de roche intrusive s'accorde d'ailleurs avec la présence, dans le massif d'Ernée, de filons divers de roches d'épanchement.

Types divers de roches. — Le gabbro présente divers faciès de variation; l'un des deux types est constitué par une roche grenue formée presque exclusivement de plagioclase et d'augite; c'est un gabbro *sensu stricto*; l'autre type est constitué par un gabbro à olivine; indépendamment de ces deux types et de leurs termes de passage, on trouve des affleurements où l'augite est remplacée par un pyroxène rhombique : ce sont des norites; la masse comporte en outre des gabbros plus ou moins quartzifères ou micacés, ainsi que des microgabbros; exceptionnellement, certains gabbros passent à la diabase, à la diorite, à la troctolite; en particulier, le gisement de Fourbois est presque exclusivement composé de troctolite.

Les filons qui traversent le gisement d'Ernée fournissent aussi quelques types intéressants : andésite augitique (le Moulin à huile), microgabbro quartzifère (carrière de Mauny), diabase à biotite (bois des Rondellières), microdiorite albitique quartzifère (mont de Vahais), diorite (le Bizeul), andésite (château^{*} de Panard).

Relations réciproques sur le terrain. — Le gabbro normal constitue environ la moitié de la^{*}masse; il est surtout réparti à l'est et au nord; le gabbro à olivine qui occupe à peu près l'autre moitié est répandu à l'ouest et au centre; la norite compte pour 1/10 environ; elle forme une sorte de noyau intercalé dans la partie centrale, vers l'ouest et le nord-ouest; le gabbro normal et la norite sont quartzifères à la périphérie du massif (carrière de Mauny, le Grand Fay, le Petit Fay, les Rondellières, les Boissières); le mica apparaît aussi dans ces deux types aux affleurements de bordure (les Boissières, Mauny, Panard, la Piogerie, les Rondellières).

Les filons de microgabbro, microdiorite et dioritesont nettement visibles à la bordure nord (le Bizeul dans la tranchée, Mauny, les Rondellières); quelques autres pointements de diorite et microdiorite ont été reconnus dans un alignement nord-ouest — sud-est; ils semblent jalonner un filon; les deux



Carte au 1/20.000 indiquant la répartition des gabbros dans le massif d'Ernée.

filons d'andésite sont orientés sud-ouest — nord-est et paraissent en prolongement l'un de l'autre.

La structure diabasique est presque exclusivement cantonnée à la bordure orientale (le Bizeul, le Petit Fay); on en trouve cependant un affleurement vers le centre Moulin à Huile).

Des traces de phénomènes dynamiques se voient surtout au Bizeul où le gabbro est laminé.

Le gisement comporte, en outre, quelques affleurements de roches sans parenté minéralogique avec le gabbro : granulite à tourmaline (les Rondellières), microgranite (gare d'Ernée-Etat, le Bizeul), aplite (Fourbois).

On étudiera successivement les divers types de gabbros,

les filons dans la masse gabbroïque et les roches en relation sur le terrain avec le gabbro.

TYPES DIVERS DE GABBROS (gabbro normal, gabbro à olivine, norite).

(a) *Description macroscopique.* — Le gabbro est constitué par une roche grenue, noirâtre, parsemée de taches blanc sale; les cristaux noirs montrent exceptionnellement les clivages à 90° des pyroxènes; les cristaux blancs sont des feldspaths présentant les stries caractéristiques de la maclé de l'albite; les pyroxènes mesurent de 1 m/m à 3 m/m; les plagioclases ont de 3 m/m à 6 m/m. On distingue, en outre, divers éléments accessoires dont l'importance varie suivant les échantillons : magnétite, pyrite, mispickel, covelline.

Lorsque la roche est fraîche, elle est très dure et résiste au marteau de géologue; si elle est légèrement altérée, elle prend un aspect verdâtre dû à l'ouralitisation des pyroxènes en amphibole; la roche perd de sa dureté et peut être alors utilisée pour l'empierrement. Dans un stade d'altération plus avancé, les affleurements sont assez fréquemment débités en blocs parallélépipédiques à arêtes émoussées, désignées localement sous le nom de « bizeul » et utilisés pour l'entretien des chemins de ferme. Ces blocs sont de couleur jaune rougeâtre, par suite de l'oxydation; l'altération s'y propage par couches concentriques, de la périphérie vers le centre, formant diverses écailles successives, faciles à enlever au marteau, de sorte que l'on peut dégager le noyau central généralement assez indemne pour fournir des échantillons susceptibles d'être convenablement étudiés. Lorsque l'altération a atteint son maximum, la décomposition du gabbro donne lieu à la formation d'une arène jaune rougeâtre qui constitue des landes aujourd'hui cultivées grâce à l'addition d'engrais chimiques.

L'aspect macroscopique du gabbro à olivine diffère peu du précédent, l'olivine étant rarement visible à l'œil nu; la roche est plus ou moins foncée suivant les échantillons; les feldspaths ont le plus généralement l'aspect grenu; exceptionnellement, ils ont tendance à l'ophitisme : à la périphérie nord (Les Rondellières), à la périphérie sud (le grand l'ay), au centre (la Germionnière).

Lorsque la proportion d'olivine augmente au point que la roche soit presque totalement dépourvue de pyroxène, la

roche passe à une troctolite; elle est de couleur noire, tachetée de feldspaths gris, dont les dimensions varient de 2 m/m à 6 m/m. Ce cas se présente aux Rondellières et à Fourbois; aux Rondellières, il ne constitue qu'un accident dans le gabbro à olivine, tandis qu'à Fourbois, il compose un affleurement notable.

Le premier stade d'altération amène simplement une coloration verdâtre due à la formation de chlorite, d'épidote ou à la serpentinisation de l'olivine; les autres stades ne diffèrent pas de ceux du gabbro normal; l'arène est cultivée en raison de sa teneur en magnésie.

La norite ne se distingue du gabbro que par la présence de pyroxènes rhombiques à éclat bronzé; les dimensions moyennes de ces pyroxènes varient de 3 m/m à 6 m/m. Dans certains échantillons, la proportion de ces pyroxènes atteint 1/20 de la totalité des éléments. Le faciès d'altération ne donne lieu à aucune observation spéciale.

Lorsque le gabbro normal et la norite deviennent quartzifères, la roche devient plus claire; le quartz est généralement macroscopique : ce sont des cristaux isolés, rarement des plages; en même temps, les divers éléments constitutifs deviennent plus volumineux; dans les types micacés, la biotite est macroscopique; l'abondance de ce minéral conduit généralement à classer la roche parmi les groupes mélancrates.

La diabase, généralement quartzifère, se différencie nettement à l'œil nu des autres roches grenues par l'aspect des feldspaths en aiguilles blanchâtres moulées par les pyroxènes.

(b) *Constitution microscopique.* — L'examen en plaque mince montre que les gabbros sont constitués comme il suit :

	Eléments essentiels	Eléments accessoires	Eléments accidentels.
Gabbro normal	Plagioclases, Pyroxènes monocliniques (Augite, Pigeonite).....	Biotite, quartz, magnétite....	Orthose, oligoclase, albite, actinote, hornblende, sphène, zoïsité, pénéline, prehnite, mispickel
Gabbro à olivine	Plagioclases, Augite, Pigeonite, Olivine.....	Magnétite	Albite, chlorinochlore, antigorite, hornblende, pyrite.
Norite et gabbro-norite..	Plagioclases, hypersthène	Pigeonite, quartz, magnétite, pyrite, mispickel.	Oligoclase, albite, anthophyllite, antigorite, hornblende.

L'étude de ces éléments sera faite successivement pour chacun des trois types de roches

§ 2. — GABBRO NORMAL.

(a) *Etude microscopique.*

Feldspaths. — Ces minéraux se présentent en proportion variable dans la totalité des éléments : 3/4 à 4/5 dans le gabbro, 1/2 à 3/4 dans la diabase; ces chiffres s'abaissent à 1/2 lorsque les roches sont quartzifères ou micacées.

La nature des feldspaths varie de l'oligoclase au labrador; les procédés d'examen employés pour différencier les plagioclases sont ceux que comportent la méthode de Fouqué pour les sections perpendiculaires aux bissectrices (*Bulletin Soc. Min.*, tome XVII, 1894) et la méthode de Michel-Lévy pour les sections de la zone de symétrie de la macle de l'albite (*Détermination des feldspaths*, 3^e fascicule, 1904); afin de rendre comparables les résultats de cette étude, la seconde méthode seulement a été utilisée pour dresser la carte de répartition des divers plagioclases; les teneurs en anorthite attribuées, d'après le tableau de la planche VII du fascicule de 1904, ont été les suivantes :

	Rapports d'oxygène 1 : 3 : x ($x =$)	Teneurs 0/0 d'anorthite
Albite	12	0 à 6,6
Albite-oligoclase (oligoclase acide)...	11	6,6 à 14,3
Oligoclase-albite (oligoclase basique).	10	14,3 à 23,1
Oligoclase.....	9	23,1 à 33,3
Andésine.....	8	33,3 à 60
Labrador	6	60 à 77,7
Bytownite	5	77,7 à 100
Anorthite	4	100

Pour les gabbros non quartzifères, c'est-à-dire pour la majorité des cas, le feldspath est une andésine variant de 40 0/0 à 53 0/0, avec 48 0/0 pour teneur moyenne, ce qui correspond à une andésine basique; l'andésine à 53 0/0 se trouve à la partie nord-est du massif, au voisinage de la norite; l'andésine à 40 0/0 se voit aux bordures nord et sud, dans des échantillons micacés; l'andésine à 48 0/0 est plus fréquemment répartie dans la partie centrale de la région est, où se trouve cantonné le gabbro normal. Pour les types quartzifères, plus particulièrement répartis à la périphérie (les Bretonnières, les Rondellières, la Contrie du Rocher), les plagioclases

clases basiques disparaissent ; c'est l'oligoclase qui domine, généralement accompagné d'orthose : ainsi, chez les diabases, presque toutes quartzifères, on trouve l'oligoclase à 20 0/0.



Carte indiquant la répartition des feldspaths : les chiffres désignent le pourcentage en anorthite. Abréviations : Ab (albite), ol (oligoclase), or (orthose).

En somme, la répartition des feldspaths, d'ailleurs indiquée en détail, à la carte, peut être résumée comme suit :

Diabases quartzifères (Le petit Fay, le Moulin à Huile) : oligoclase 20 à 25 0/0.

Gabbros quartzifères (la Blanchardière, la Bretonnière, le Fay, la lande de Vahais) : oligoclase à 25 0/0.

Gabbro du carrefour du chemin de Carelles, du mont de Vahais : andésine à 40 0/0.

Gabbro de la gare d'Ernée (Etat) : andésine à 45 0/0.

Gabbro des Rondellières, du petit Bizeul : andésine 52 à 53 0/0.

Les feldspaths sont généralement de grande taille : ils occupent de la moitié à la totalité du champ du microscope avec l'objectif n° 1 ; les dimensions sont plus faibles dans les types quartzifères ou micacés ; les cristaux sont plus réduits encore

dans les diabases : en moyenne, le quart du diamètre du champ (objectif n° 1) comme longueur.

Les formes offrent quelques variations : le plus souvent les cristaux sont xénomorphes ; dans ce cas, ils peuvent former des plages moulant le pyroxène ; exceptionnellement, ils sont allongés suivant $g^1(010)$ sans toutefois prendre des formes géométriques (les Boissières, les Rondellières) ; ils peuvent alors être moulés par les pyroxènes, de sorte que la structure tendant à l'ophitisme fournit des types de passage vers la diabase ; dans la diabase franche, les feldspaths aplatis sur $g^1(010)$ ont, en outre, des formes géométriques avec les faces $p(001)$ $g^1(010)$ $a^1(1\bar{0}1)$ donnant aux sections l'aspect rectangulaire.

Les macles les plus fréquentes sont celles de Carlsbad et de l'albite, elles peuvent être déformées par suite de phénomènes dynamiques (le Bizeul).

Les associations des différents feldspaths ne se présentent que par exception : ce sont des groupements en zones et des micropegmatites ; les feldspaths ne sont zonés que pour deux échantillons recueillis au Bizeul : une diabase et un gabbro. Dans le premier on compte deux zones avec oligoclase au centre et andésine à la périphérie ; dans le second, qui est un gabbro laminé, on trouve trois zones : albite au centre, albito-oligoclase ensuite, oligoclase-albite sur les bords. Ainsi, dans les deux cas, le noyau est plus acide que la périphérie. Les groupements micropegmatiques sont aussi rares : on ne les trouve que dans trois échantillons quartzifères : diabase du Moulin à huile, diabase du Bizeul, gabbro du Pont en X ; pour la première roche, c'est une association d'augite et d'albite ; pour les deux autres : oligoclase et quartz. Dans ce dernier cas, c'est la micropegmatite à quartz ou à feldspath auréolé, c'est-à-dire groupée autour d'un cristal de quartz ou de feldspath plus ancien.

L'ordre de consolidation des divers éléments montre que les feldspaths sont généralement les premiers minéraux formés : exceptionnellement, ils peuvent être postérieurs aux pyroxènes (le Pont en X).

L'altération des feldspaths ne comporte qu'une seule modalité : la formation de mica secondaire ou damouritisation.

Les inclusions sont rares, elles ne donnent lieu à aucune observation intéressante.

Pyroxènes. — Le pyroxène dominant est de l'augite ; il est

accompagné assez fréquemment de pigeonite (variété spéciale d'augite); quelquefois même, ce dernier pyroxène domine et remplace presque totalement l'autre (la Rondellière).

L'augite (*sensu stricto*) est le pyroxène monoclinique, riche en alumine et en fer (protoxyde et sesquioxyde), incolore en lames minces, à fort relief, peu ou pas pléochroïque, à bissectrice aiguë n_g ; l'angle $2E$ des axes optiques est supérieur à 65° , la biréfringence $n_g - n_p = 0,022$, donnant comme coloration maxima, pour les lames de $0,02^m/m$ une teinte jaune de premier ordre.

La variété désignée sous le nom de pigeonite (fascicule 2, tome IV de la *Minéralogie de la France*, par M. Lacroix) est moins riche en chaux, plus riche en magnésie et en fer; l'angle $2E$ des axes optiques est faible : inférieur ou au plus égal à 60° . Ce pyroxène a été décrit en 1900 par M. Winchell, sous cette dénomination de pigeonite; en 1905, par M. Rosenbuch comme magnesium diopsid; en 1906, par M. Wahl comme enstatitaugite; depuis, il a été reconnu par M. Lacroix dans les diabases de Bretagne et de Guinée. Dans le gabbro d'Ernée, la pigeonite se montre légèrement rosée en lumière naturelle; le pléochroïsme est à peine sensible; le relief est voisin de celui de l'augite; la biréfringence est faible, de l'ordre de celle de l'hypersthène, donnant pour les plaques minces de $0,02^m/m$ un gris de premier ordre, de sorte que les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë n_g sont presque éteintes aux nicols croisés; l'angle $2E$ des axes optiques est presque constamment de 60° ; il y a là une différence avec la diabase de Pigeon Point, décrite par M. Winchell, où cet angle varie entre 13° et 62° , et les diabases de Guinée où M. Lacroix a trouvé des cristaux entièrement uniaxes. Dans les plaques minces, cette pigeonite pourrait être confondue avec l'hypersthène ou avec l'enstatite, grâce à sa faible biréfringence : une diagnose nette est fournie à cet égard par l'obliquité des extinctions dans g^1 (010) de la pigeonite; d'autre part, pour les sections perpendiculaires à la bissectrice aiguë n_g , la confusion n'est possible qu'avec l'enstatite dont la bissectrice aiguë est positive de même, mais la distinction est facile à faire si l'on examine les angles des clivages $m \ m$ (110) ($\bar{1}\bar{1}0$) : ceux-ci sont voisins de 90° dans l'enstatite où la bissectrice n_g est perpendiculaire à p (0 0 1), et nettement différents de ce chiffre dans la pigeonite par suite de l'obliquité de cette bissectrice par rapport à la face p (001).

Dans la totalité des éléments, les pyroxènes entrent pour une proportion qui varie de $1/4$ à $1/2$ chez les diabases; cette proportion s'abaisse à $1/5$ dans le gabbro, lorsque celui-ci n'est ni quartzifère, ni micacé; dans ces derniers cas, elle s'élève généralement jusqu'à près de $1/2$: la proportion des pyroxènes, dans le gabbro, est donc plus faible que celle des feldspaths.

Les dimensions des pyroxènes sont aussi plus faibles que celles des feldspaths; toutefois, elles vont souvent de pair avec ces dernières, c'est-à-dire que, si les cristaux de feldspaths sont plus ou moins développés, les pyroxènes le sont également.

(α) *Augite*. — Les cristaux de ce minéral sont plutôt xénomorphes; quelquefois même, ils forment de grandes plages qui englobent et moulent les feldspaths (le Pont en X, les Boissières) : c'est un ophitisme de passage du gabbro vers la diabase. Assez rarement, les cristaux ont des formes géométriques : ce sont les formes ramassées $h^1 g^1 b^x$ (la lande de Vahais, la Blanchardière, Belle-Plante, le Petit Fay, le Moulin à Huile).

Les plans de séparation suivant p (001) sont exceptionnels (gare d'Ernée); les plans h^1 (100) sont fréquents; ils comportent les inclusions violacées caractéristiques de diallagisation; les clivages $m m$ (110) ($1\bar{1}0$) sont toujours nettement visibles.

Les groupements de cristaux d'augite entre eux se montrent rarement : ce sont des macles de 2 individus suivant h^1 (100) (les Boissières, Belle-Plante, le Petit Fay, le Moulin à Huile); on trouve, plus rarement encore, des associations de l'augite avec les autres pyroxènes : 1^o avec la pigeonite, c'est une association pegmatoïde, sans liaison d'orientation (le Bizeul); l'augite est alors le minéral englobant; 2^o avec l'hypersthène ce cas sera étudié plus loin dans les gabbro-norites. Enfin, il existe aussi des groupements d'augite avec d'autres minéraux différents des pyroxènes; l'un d'eux, augite et albite a été cité pour une diabase quartzifère; les autres sont des associations pegmatoïdes augite et hornblende (gare d'Ernée, Belle-Plante, le Bizeul).

Dans l'ordre de consolidation, l'augite est postérieure aux feldspaths; elle moule exceptionnellement ces derniers dans le gabbro (le Pont en X, les Boissières); tandis que l'ophitisme est de règle, par contre dans la diabase.

L'altération de l'augite est de règle, pour ainsi dire, même

dans les échantillons où les feldspaths sont peu attaqués; c'est l'ouralitisation en amphibole (actinote et hornblende); d'une manière générale, la transformation en actinote est celle qui domine. L'ouralitisation a lieu soit à la périphérie, soit suivant les plans de séparation $h^1 (1\ 0\ 0)$; elle peut gagner de la périphérie à l'intérieur par ces mêmes plans $h^1 (1\ 0\ 0)$; il est rare qu'elle porte sur toute l'étendue d'un cristal. En général, l'ouralitisation amène la formation d'une seule variété d'amphibole pour un même cristal de pyroxène; exceptionnellement, ce sont deux amphiboles différentes (gare d'Ernée); plus rarement, on trouve des zones d'altération avec des cristaux à section rectangulaire où l'amphibole et le pyroxène mélangés ont recristallisé tous deux (gare d'Ernée). Dans d'autres cas, l'ouralitisation donne naissance à un seul cristal d'amphibole (le Pont en X) ou bien à une série de cristaux d'amphibole différemment orientés (gare d'Ernée). Le plus fréquemment, la hornblende se montre dans les angles de cristaux de pyroxène; l'actinote forme des amas aciculaires empiétant sur les feldspaths voisins; on la trouve aussi en sphérolithes (gare d'Ernée).

(β) *Pigeonite*. — Les cristaux de pigeonite sont presque toujours xénomorphes; ils se présentent avec des sections arrondies, de dimensions réduites; deux échantillons seulement ont fourni des cristaux développés (la Boissière, les Rondellières); dans ce dernier, les formes sont celles de l'augite $h^1 b^1 x$, tandis qu'à la Boissière, la pigeonite est xénomorphe. On ne rencontre pas de plans de séparation suivant $p (001)$ ni suivant $h^1 (100)$; les clivages $m\ m (110) (\bar{1}\bar{1}0)$ sont toujours très nets.

Même dans es échantillons où l'ouralitisation est très avancée, ce pyroxène a résisté à l'altération; un seul pointement (le Bizeul) montre une chlorite épigénisant la pigeonite.

La pigeonite est assez fréquente dans le gabbro et la diabase (les Boissières, le Bizeul); on verra plus loin qu'elle se rencontre constamment dans le gabbro à olivine.

Biotite. — La biotite existe en faible proportion dans quelques échantillons recueillis à la périphérie (le Pont en X, le mont de Vahais); ses formes sont irrégulières, aplaties suivant $p (001)$; les cristaux sont peu développés; les inclusions sont rares; la couleur est brun jaunâtre en lumière naturelle; le pléochroïsme est net; la biotite moule généralement les autres minéraux; elle accompagne fréquemment les

cristaux de magnétite; elle est presque toujours très fraîche; quelquefois altérée en muscovite (Le Pont en X).

Quartz. — Le quartz est beaucoup plus fréquent (Le Fay la lande de Vahais, le Pont en X, la Bretonnière, la Boissière, le Petit Bizeul, La Contrie du Rocher); il entre en proportion très faible dans le gabbro; ses dimensions sont très réduites, même dans les échantillons où les feldspaths et les pyroxènes sont très développés; l'aspect est presque toujours granulitique, sauf à la Bretonnière où le quartz est en plages moulant les feldspaths et les pyroxènes; les inclusions sont fréquentes: elles n'ont rien de particulier.

Magnétite. — La magnétite se montre indistinctement dans tous les échantillons; elle est en cristaux xénomorphes ou bien présente des sections losangiques de dodécaèdres b^1 (110), des sections carrées d'octaèdres a^1 (111) groupés à la file suivant l'axe ternaire; quelquefois ces octaèdres sont à forme ramassée suivant l'axe ternaire (le Petit Bizeul). Tous ces cristaux ont des dimensions réduites. On trouve en outre des dépôts de magnétite dans les plans de séparation h^1 (100) des pyroxènes.

Les cristaux sont assez fréquemment entourés d'un liseré mince de sphène secondaire; l'altération, lorsqu'elle est plus avancée, met en relief les stries de la magnétite. Ce minéral moule les autres éléments, sauf la pyrite.

Un essai microchimique effectué sur des cristaux isolés par liqueurs denses a mis en évidence le caractère titanifère de cette magnétite.

Orthose. — Ce feldspath ne se rencontre que dans quelques échantillons de diabase ou de gabbro quartzifère (Le Moulin à Huile, le Pont en X, la Boissière, le Petit Bizeul). Les cristaux sont peu développés, xénomorphes, en proportion faible ou insignifiante, rarement maclés; quelquefois l'orthose est intersertale (Le Moulin à Huile); elle peut présenter des groupements pegmatiques avec l'augite qui est le minéral englobé (Le Moulin à Huile, la Boissière); l'orientation du pyroxène est absolument quelconque par rapport à celle du feldspath. La micropegmatite avec le quartz est presque la règle.

Oligoclase. — L'oligoclase accompagne l'orthose dans les échantillons quartzifères; les cristaux sont développés, en proportion variable; tantôt faible, alors le minéral doit être considéré comme accidentel, le feldspath dominant étant une andésine; tantôt en proportion élevée: l'oligoclase est alors le feldspath essentiel. Dans ce dernier cas, les associations

micropegmatiques avec le quartz existent presque constamment (le Pont en X, le Petit Bizeul, la lande de Vahais); on trouve indifféremment les types à quartz vermiculé et les types à quartz orientés parallèlement.

Albite. — Ce feldspath existe comme élément primaire dans deux échantillons (gare d'Ernée, le Moulin à Huile): il se présente en cristaux à section rectangulaire, moulés par un labrador à 56 % d'anorthite. Il se rencontre en outre, comme élément secondaire, dans une diabase quartzifère (Le Moulin à Huile).

Mispickel. — Ce minéral, assez fréquent, se présente en plages plus ou moins développées (Le Pont en X, le mont de Vahais, le Fay).

Actinole. — Cette amphibole est toujours secondaire; c'est un produit de décomposition des pyroxènes; les cristaux sont peu volumineux, généralement groupés par accolement (le Pont en X, la Blanchardière), incolores en lumière naturelle, à pléochroïsme insensible, allongement positif; la biréfringence donne des couleurs jaune de 1^{er} ordre.

Hornblende. — La hornblende est quelquefois primaire, presque toujours secondaire; c'est alors un produit d'altération du pyroxène; dans le premier cas, elle entre en proportion très faible dans la roche qui peut être considérée comme un terme de passage à la diorite si la teneur en pyroxène est moins grande que celle d'amphibole; ce passage à la diorite peut encore s'effectuer lorsque l'amphibole secondaire remplace totalement les pyroxènes primaires. La hornblende présente deux types: l'un vert d'herbe, l'autre jaune clair ou incolore en lumière naturelle; le premier est très pléochroïque, riche en inclusions; le second présente fréquemment des macles polysynthétiques suivant h^1 (100).

Sphène. — Ce minéral n'existe que comme produit d'altération de l'ilménite ou de la magnétite titanifère (chemin de Carelles, le Bizeul); ce sont des cristaux xénomorphes de dimensions fort réduites.

Zoïsité. — Cette épidote n'a été rencontrée qu'exceptionnellement, en agrégats aciculaires: c'est un minéral, d'origine secondaire, dû à la décomposition des feldspaths (chemin de Carelles).

Pennine. — La pennine est aussi rare (chemin de Carelles, le Bizeul); elle se présente en petits cristaux, à section rectangulaire, agglomérés de manière à former une frange en bordure des pyroxènes altérés (le Petit Bizeul); c'est vraisem-

blement un produit secondaire d'amphibole née elle-même par ouralitisaiton du pyroxène. Le minéral, vert en lumière naturelle est pléochroïque. Il existe en outre en grands cristaux comme produit d'altération du mica noir (chemin de Carelles).

Chlinochlore. — Le chlinochlore est aussi peu fréquent (chemin de Carelles), il forme des plages de cristaux xénomorphes, diversement orientés, provenant de l'altération de la biotite.

Calcite. — Ce minéral se rencontre, dans les échantillons où l'altération est très avancée, comme produit secondaire dû à la désagrégation de feldspaths ou de pyroxènes.

Prehnite. — La prehnite n'a été rencontrée qu'au Moulin à Huile : elle forme des agrégats sphérolithiques d'origine secondaire.

(b) ETUDE CHIMIQUE.

Deux analyses de gabbro normal ont été faites par Pisani : l'une concerne un échantillon, avec augite prédominante, c'est le gabbro normal n° 1 (La Germionnière), l'autre est relative à un échantillon à pigeonite prédominante; c'est le gabbro normal n° 2 (Les Rondellières).

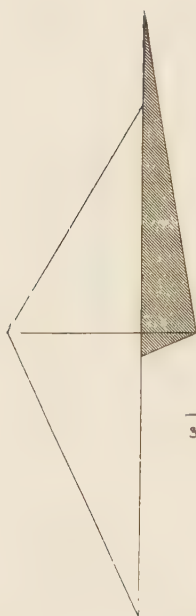
(A) Gabbro normal n° 1 (La Germionnière).

La proportion des pyroxènes et des feldspaths est à peu près équivalente; les feldspaths sont de deux sortes : en grands cristaux xénomorphes et en petits cristaux allongés suivant g^1 (010); le feldspath le plus fréquent est une andésine acide à 38 0/0 d'anorthite; on trouve, en outre, un peu d'albite. Les pyroxènes sont de l'augite et de la pigeonite; le second pyroxène est peu abondant; l'augite est ophitique par rapport aux petits feldspaths seulement.

Les résultats de l'analyse sont indiqués ci-dessous :

SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
51,25	19,20	„	7,10	6,05	12,30	1,54	0,60	1,22	„	1,30	100,56

La représentation graphique en triangles normaux fait



ressortir la prédominance du triangle ferro-magnésien sur le triangle feldspathique; le premier de ces triangles est presque isocèle; le second comporte une portion presque nulle dans la région des ordonnées négatives, c'est-à-dire que la partie calcique domine dans le triangle feldspathique.

On peut déduire, par la méthode habituelle, la composition normative :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
3,36	3,34	13,10	43,65	"	14,35	19,15	"	"	"	2,28	100,53

Ces résultats mettent en évidence la supériorité du chiffre d'anorthite sur l'ensemble des deux autres feldspaths, comme avait indiqué le schéma précédent; en outre, le calcul fournit de l'hypersthène en quantité appréciable : c'est la conséquence de la présence de pigeonite dans la composition réelle de la roche.

Les paramètres américains permettent de placer la roche dans la classification chimique :

F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q} + \text{NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K} + \text{Na} + \text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
60,09	63,45	35,78	1,77	0,05	0,19	$\frac{6}{25} = 0,24$	II (5, 4, 4/5)

La valeur du paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ est peu éloignée de la limite séparative (1,66) des classes II et III, de sorte que les caractéristiques sont voisines du groupe III (5. 4. 4-5) dans lequel se place le gabbro normal n° 2 (voir page 87); de plus, au point de vue chimique, le gabbro normal n° 1 appartient au même groupe que la diorite de la Germionnière.

Les paramètres M L auront les valeurs suivantes :

ϕ	z	ψ	U	Caractéristiques	Fimexolle	Score					
5,75	0,38	1,17	0,57	(VI.III) (1,1)	tonalitique mésocidique	magnésienne mégacalcique					
K	N	C	Ssal	F	M	C'	Sx	x%	Ssal%	(2K+3n%)	An%
9	24	138	525	198	169	98	499	35,78	33,36	5,80	77

La valeur du paramètre r est proche de la limite 0,55 séparative des fumerolles mésosodique et mégasodique, de sorte que le magma est voisin du type (VI. II) (1. 1.); on verra plus loin que le magma du gabbro normal n° 2 se rapproche aussi de ce même type.

Enfin, si l'on recherche dans le groupe chimique des Hessoses de M. Washington, une roche à comparer au gabbro normal n° 1, on peut choisir la roche n° 35, diabase-gabbro du district de Mazaroni (Guyane anglaise) dont le paramètre $\frac{K}{N}$

$$= \frac{9}{39} = 0,23.$$

La comparaison des résultats bruts d'analyse montre que les teneurs de magnésie et de potasse diffèrent respectivement de quelques dixièmes; celles de silice, protoxyde de fer, soude d'environ 1 unité, celles d'alumine et de chaux de 3 unités; en outre, la diabase contient une quantité appréciable de sesquioxyde de fer : 3,5. Ainsi on trouve des écarts sensibles pour l'alumine et la chaux.

Les compositions normatives se ressentent de ces deux différences : l'écart atteint 13 unités pour l'anorthite; il varie, pour le reste, de 2 unités (orthose) à 7 unités (albite).

En somme, la diabase de la Guyane s'éloigne assez du gabbro normal n° 1 d'Ernée.

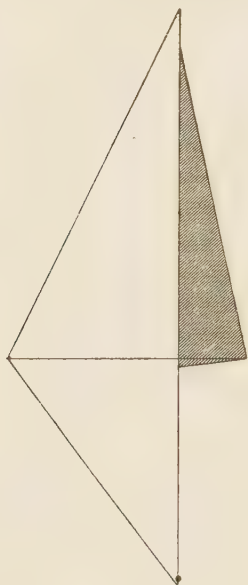
(B) *Gabbro normal n° 2. (Les Rondellières).*

Comme pour les gabbro normal n° 1, les pyroxènes existent en proportion presque aussi grande que les feldspaths; ceux-ci comportent aussi de grands cristaux xénomorphes et des cristaux de petite taille allongés suivant g^1 (010); le plagioclase dominant est une andésine basique à 53 0/0 d'anorthite. L'on trouve les deux variétés précédentes de pyroxènes, mais la pigeonite est plus répandue que l'augite; ces pyroxènes forment des plages ou des cristaux à forme ramassée $h^1 b^1 x$ moulant les feldspaths; en outre, l'augite est moulée par la pigeonite.

L'analyse répartit les éléments simples comme il suit :

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
51,30	18,20	1,28	5,10	9,35	12,79	1,80	0,25	0,32	*	0,31	100,70

Si l'on compare ces chiffres avec ceux de l'analyse du gabbro normal n° 1, on voit des écarts respectifs de quelques dixièmes pour la chaux et les alcalis, 1 unité pour la silice et l'alumine; le gabbro n° 2 contient du sesquioxyde de fer, mais en quantité faible, de sorte que l'écart est insignifiant; au surplus, la quantité totale d'oxydes de fer est à peu près la même pour les deux roches; le seul écart appréciable porte sur la magnésie : environ 3 unités; cela tient à ce que le gabbro n° 2 contient surtout, comme pyroxène, de la pigeonite, plus riche en magnésie que l'augite.



La représentation graphique en triangles normaux montre que les triangles feldspathiques des deux gabbros sont très voisins; les triangles ferro-magnésiens diffèrent seulement par la partie située du côté des ordonnées positives, c'est-à-dire, par la région magnésienne.

La composition normative, déduite du calcul, sera la suivante :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
,	1,67	15,20	40,59	"	18,47	21,28	0,86	"	1,86	0,61	100,84

La comparaison avec la composition normative du gabbro normal n° 1 montre de suite quelques différences : le gabbro n° 1 n'a pas d'olivine virtuelle, mais comporte du quartz virtuel; au fond, ces écarts sont de faible importance puisque le gabbro n° 1 n'a qu'un faible excès de silice (environ 3 unités) et que le gabbro n° 2 a moins d'une unité comme olivine; les chiffres de feldspaths acides diffèrent respectivement de 2 unités environ; ceux d'anorthite diffèrent d'un peu plus de 3; quoique les chiffres de chaux totale diffèrent seulement de 0,5; cet écart en anorthite est la conséquence des différences de teneur en alumine; comme conséquence de la consommation élevée de chaux pour cette formation d'anorthite, on est conduit à un écart de quelques unités pour les chiffres respectifs de diopside; le gabbro normal n° 2 est un peu plus riche en hypersthène virtuel que le gabbro n° 1, ce qui se conçoit

puisque la composition minéralogique accuse la prédominance de pigeonite. En somme, les deux compositions normatives s'écartent peu l'une de l'autre.

Les calculs précédents conduisent aux paramètres américains :

(F)	Sal	(fem)	Sal ifem	Q _{an} NL	K ² O.Na ² O	K	Groupe
F	CaO	N					
57.46	57.46	43.08	1.33	0	0.226	$\frac{1}{23} = 0.103$	III (5.445)

Le gabbro normal n° 2 se place ainsi dans un groupe différent de celui du gabbro normal n° 1 II(5, 4, 4.5); toutefois, les valeurs du paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ sont voisines, pour les deux roches, de la limite séparative 1.66 des classes II et III; on verra plus loin que le gabbro normal n° 2 appartient à un groupe voisin de celui où s'est classé le gabbro-norite n° 1.

Les paramètres M L fournissent aussi quelques observations :

ϕ	τ	ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Score				
4.92	0.13	0.66	0.49	(VI.1) (1.1)	tonalitique persodique	magnésienne mégasodique				
K	N	C	S _{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S _{sal} %, (2K+3n%)	An%
4	31	142	508	148	217	106	516	43.08	29.04	5.90 73

Le magma du gabbro normal n° 2 diffère de celui du gabbro normal n° 1 par la 2^e caractéristique de la fumerolle; toutefois, la valeur du paramètre r est voisine de 0,20, limite séparative des types persodique et mégasodique, c'est-à-dire que le magma se rapproche du type (VI, II) (1. 1.) comme celui du gabbro normal n° 1.

Quant aux autres paramètres, ils ont des valeurs dont les écarts respectifs avec ceux du gabbro normal n° 1, sont de quelques centièmes, sauf pour les chiffres x et S^{sal} 0/0 où l'écart respectif est de quelques unités.

En somme, les deux gabbros normaux diffèrent peu au point de vue chimique.

Enfin, on peut comparer le gabbro normal n° 2 à la diabase n° 11 du groupe des Auvergnoses de M. Washington; cette roche provient de Rocky-Ridge (Maryland); son paramètre $\frac{K}{N}$

$$= \frac{3}{30} = 0,10.$$

Les chiffres d'éléments simples, dans les deux analyses,

présentent des écarts respectifs de quelques centièmes pour les alcalis, quelques dixièmes pour la silice et le sesquioxyde de fer, 1 unité environ pour la chaux et la magnésie, 2 unités pour l'alumine, 3 unités pour le protoxyde de fer. Ainsi, les chiffres bruts d'analyse sont voisins.

Les compositions normatives présentent des chiffres identiques respectivement pour l'orthose et l'albite, des chiffres voisins pour les pyroxènes avec un écart de 1 unité pour le diopside et 3 unités pour l'hypersthène; par contre, la diabase du Maryland est beaucoup plus pauvre en anorthite (7 unités environ), ne comporte pas d'olivine virtuelle et contient un peu de silice libre (2 unités); l'écart d'anorthite est la conséquence de l'infériorité du chiffre d'alumine dans la diabase; le défaut d'olivine est sans importance puisque le gabbro normal n° 2 comporte fort peu de péridot virtuel; de même, l'excès de silice dans la diabase est trop faible pour différencier les deux roches.

En somme, la diabase de Rocky-Ridge est très voisine chimiquement, du gabbro normal n° 2; elle ne paraît en différer, au point de vue minéralogique, que par la structure des feldspaths; ce sont donc deux roches comparables sous ces deux rapports.

Quant aux autres gabbros du groupe chimique considéré, ils s'éloignent, pour la plupart, du gabbro normal n° 2, par la valeur du paramètre $\frac{K}{N}$; ainsi, par exemple, le gabbro le plus voisin, après la diabase de Rocky-Ridge, est la roche n° 61, de Laurion (Grèce) avec un paramètre $\frac{K}{N}$ égal à $\frac{3}{17} = 0,17$; les teneurs respectives d'éléments simples dans les analyses de ce gabbro de Laurion et du gabbro normal n° 2 présentent des écarts élevés, depuis 2 unités (pour la magnésie) jusqu'à 5 unités (pour l'alumine); de même, les compositions normatives s'écartent sensiblement: on compte, par exemple, respectivement 8 unités de différence pour l'albite et l'anorthite, 15 unités pour le diopside.

§ III. *Gabbro à olivine. (a) Etude microscopique.*

Feldspaths. — Ces minéraux entrent dans la proportion de $1/4$ à $1/2$ sur la totalité des éléments; la nature du feldspath, si l'on ne tient pas compte des types albitiques de la roche, qui constituent des exceptions, varie de l'andésine à $50\ 0/0$

d'anorthite au labrador à 73 0/0, avec une moyenne de 58 0/0; les deux termes extrêmes se rencontrent dans des échantillons du sud du massif (Belle-Plante); exceptionnellement les feldspaths acides se montrent à la Blanchardière et au Fay : c'est une oligoclase à 20 0/0. La répartition, dans les cas principaux, d'ailleurs portée sur la carte, peut être résumée comme il suit :

Gare d'Ernée : andésine à 55 0/0;
Belle Plante : andésine à 50 0/0;
Moulin de Vahais : labrador à 62 0/0;
Lande de Vahais : andésine à 55 0/0;
Château de Vahais : andésine à 51 0/0;
Chemin de Carelles (sud) : labrador à 73 0/0;
Chemin de Carelles (partie médiane) : labrador à 60 0/0.
Bois des Rondellières : andésine à 55 0/0.

On peut voir sur la carte qu'en somme, la teneur en anorthite diminue à mesure qu'on remonte vers le nord.

Les dimensions des feldspaths sont toujours très développées.

Les cristaux sont surtout xénomorphes; rarement ils sont allongés suivant $g^1(010)$ (Le Fay).

La macle de la péricline se rencontre dans quelques échantillons; les macles de l'albite et de Carlsbad sont les plus fréquentes; dans un seul échantillon (la Blanchardière) on voit la déformation des macles de l'albite par suite de phénomènes dynamiques.

Les groupements de feldspaths ont été observés assez souvent : groupements en zones, associations micropegmatiques. Les premiers sont les plus fréquents; le cas normal est celui de deux zones où la partie centrale est la plus basique (gare d'Ernée, Belle-Plante, château de Vahais, chemin de Carelles sud et nord, lande de Vahais, bois de Rondellières).

L'amplitude de l'écart, entre les extinctions des deux zones, est le plus souvent d'une dizaine de degrés : il s'agit donc de feldspaths très voisins; par exemple, pour un échantillon du chemin de Carelles, la teneur en anorthite est de 72 0/0 au centre et 56 0/0 à la périphérie; dans un seul échantillon, (les Bizeuls), la partie centrale est la plus acide. Quelquefois, l'écart entre les extinctions prend assez d'importance pour différencier nettement les feldspaths de zone; ainsi le plagioclase peut aller de l'oligoclase à l'albite (bois des Rondellières, la Blanchardière) : dans le premier échantillon, l'oligoclase est au

centre; dans l'autre, à la périphérie. Rarement on trouve le cas de formation de 3 zones : c'est le cas d'un échantillon recueilli dans les matériaux d'empierrement d'un chemin de ferme conduisant de la route de Landivy à la Boissière. On y voit, au centre, l'oligoclase-albite entourée d'une zone d'albite et finalement une zone d'oligoclase-albite en bordure.

Les groupements micropegmatiques concernent une association d'albite et d'amphibole dans les gabbros à olivine altérés; ils seront étudiés en détail au sujet des produits d'altération de l'olivine.

Dans l'ordre de consolidation, les feldspaths sont postérieurs à l'olivine; exceptionnellement on peut rencontrer un plagioclase inclus dans un cristal d'olivine (gare d'Ernée).

Deux modes d'altération ont été observés : la damouritisation, comme pour le gabbro normal, et une sorte de saussuritisation qui sera étudiée plus loin.

Pyroxènes. — Tous les échantillons recueillis, sans exception, comportent les deux variétés d'augite reconnues dans le gabbro normal : augite proprement dite et pigeonite; la proportion des pyroxènes sur la totalité des éléments est à peu près de $1/4$; sur ce chiffre, la pigeonite compte pour très peu; exceptionnellement on peut trouver la même quantité de chaque pyroxène (Belle-Plante).

(α) *Augite.* — Les cristaux d'augite sont souvent xénomorphes; on les trouve fréquemment en plages moulant les feldspaths (gare d'Ernée, chemin de Carelles, la lande de Vahais, bois des Rondellières); un seul échantillon (tranchée du Tramway) montre des formes géométriques $h^1 g^1 b^x$.

Les plans de séparation suivant p (001) se voient rarement (gare d'Ernée), tandis que les plans de séparation h^1 (100) sont d'ordre courant.

Les groupements de cristaux d'augite entre eux sont peu fréquents : ce sont des macles de deux individus suivant h^1 (100) (gare d'Ernée); ou bien des macles polysynthétiques suivant p (001) (gare d'Ernée, chemin de Carelles).

Les associations avec les autres pyroxènes sont aussi rares (gare d'Ernée, Moulin de Vahais), ce sont des micropegmatites de pigeonite et d'augite.

L'ordre de consolidation indique que les pyroxènes sont postérieurs aux feldspaths; ces derniers peuvent être moulés par les pyroxènes.

L'altération de l'augite est courante, mais, en général, peu accentuée; c'est l'ouralitisation en amphibole, déjà citée pour

le gabbro normal, avec faciès le plus souvent actinolitique.

(β) *Pigeonite*. — Ce pyroxène, comme l'augite, est presque toujours xénomorphe; il présente quelquefois les formes géométriques $h^1 g^1 b^x$ de l'augite normale (gare d'Ernée).

La macle de deux individus suivant h^1 (100) a été rencontrée (gare d'Ernée, chemin de Carelles, le Fay); les associations micropegmatiques avec l'augite ont été citées; elles ont lieu suivant les plans de séparation h^1 (100) de l'augite qui constitue le minéral englobant.

La pigeonite n'a jamais été rencontrée que très fraîche; on a vu qu'elle était rarement altérée dans le gabbro normal.

Olivine. — La proportion de ce minéral dans les divers échantillons, est d'environ $1/4$ de l'ensemble des éléments; exceptionnellement, elle peut augmenter alors que celle des pyroxènes et des plagioclases diminue; de sorte que la roche passe à une troctolite (bois des Rondellières).

Les cristaux sont volumineux, occupant assez fréquemment le champ du microscope; ils se présentent en sections arrondies, avec quelquefois des faces g^3 (120), ou bien en sections allongées suivant pg^1 ; on y voit de nombreuses cassures remplies par de la magnétite; les cristaux sont souvent groupés par accolement, sans toutefois former des macles. Ils sont, en général, antérieurs aux pyroxènes et aux feldspaths. On a cité plus haut, le cas exceptionnel d'un cristal de feldspath inclus dans l'olivine.

L'olivine se rencontre assez fréquemment à l'état frais; dans les échantillons de roche altérée, l'altération du périclase est de règle lorsque ce minéral est en contact avec des feldspaths, tandis qu'elle est tout à fait exceptionnelle lorsque le contact s'opère avec des pyroxènes seuls. Ainsi, par exemple, un cristal d'olivine inclus dans un pyroxène reste indemne alors que d'autres périclases, en contact avec les feldspaths, montrent une altération avancée (Belle-Plante). Dans le cas de contact avec les feldspaths, ces derniers s'altèrent en même temps que l'olivine, il y a, en outre, réaction des minéraux l'un sur l'autre avec formation d'albite secondaire: c'est une albitisation plutôt qu'une saussuritisation; dans le cas de contact avec le pyroxène, c'est une serpentinisation donnant naissance à des minéraux du groupe de l'antigorite.

Albitisation. — La réaction de l'olivine en voie d'altération sur les feldspaths voisins, donne naissance à un groupement tout spécial de feldspath secondaire et d'amphibole qu'il con-

vient de signaler : on voit empiéter, sur le feldspath primaire une zone d'étendue variable, à contours dentelés; dans une section longitudinale, la région dentelée montre des cristaux aciculaires, radiés généralement, dont l'allongement est normal aux contours de la zone; une section normale à la bordure de la zone donne, pour le minéral radié des sections rectangulaires criblant les diverses portions de la zone qui prend ainsi l'aspect d'éponges. En lumière naturelle, toute la zone est incolore; la partie englobante des éponges montre un relief de même ordre que celui du feldspath primaire; quant aux cristaux aciculaires englobés, leur relief est beaucoup plus élevé. En lumière polarisée parallèle, aux nicols croisés, la zone comporte l'association de plusieurs plages, en éponges, sans limites rectilignes, de teinte gris-bleu comme le feldspath primaire; ces plages sont parsemées chacune d'aiguilles radiées ou de rectangles à teinte jaune-clair; les diverses éponges peuvent être différenciées seulement par leur ordre d'extinction lors de la rotation de la platine du microscope; cet ordre d'extinction ne comporte aucune règle définie. Dans chaque éponge, prise séparément, les extinctions des cristaux englobés ne sont pas simultanées, c'est-à-dire que ces cristaux ont une orientation quelconque.

La détermination du minéral secondaire englobant a été particulièrement laborieuse; l'étude des caractères optiques conduisait, en effet, à choisir entre un feldspath et la cordiérite, mais l'identification était rendue difficile par suite de l'absence presque constante de macles et la rareté des clivages: ainsi, par exemple, sur plus de cinquante préparations, une seule a montré des clivages (gare d'Ernée), une autre a fourni des macles polysynthétiques (gare d'Ernée); ces caractères étaient d'ailleurs insuffisants puisque la cordiérite possède des clivages et parfois des associations de lamelles hémitropes. L'étude de sections convenables a permis d'établir que la bissectrice aiguë est positive; l'emploi de la méthode de Fouqué et l'examen de sections de la zone de symétrie perpendiculaire à $g^1(010)$ a permis de déterminer finalement ce minéral néogène; c'est de l'albite.

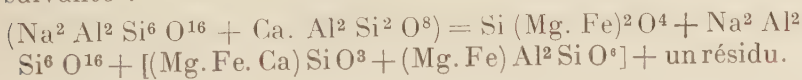
Quant aux cristaux aciculaires, inclus dans le feldspath secondaire, ils sont peu pléochroïques, incolores ou légèrement verdâtres en lumière naturelle, de teinte jaune du premier ordre en nicols croisés; l'extinction est voisine de 15° ; la bissectrice aiguë est négative; la zone d'allongement est positive; c'est une hornblende.

Le développement de ces éponges, en bourgeons au bord des feldspaths primaires, est à comparer à la production de myrmékite décrite par M. Tronquoy (*An. Soc. Min.*, 1912); la myrmékite comporte aussi la cristallisation simultanée de deux minéraux, où le minéral englobant est un feldspath calcosodique acide voisin de l'albite; le minéral englobé, de forme aciculaire, est du quartz. D'après M. Tronquoy, la myrmékite est la conséquence d'une circulation d'émanations alcalines dans le magma considéré; on peut rechercher ici, si l'albitisation est consécutive à une cause de même ordre.

La formation de ces éponges ne concerne que les régions où la présence de l'olivine a été reconnue sur le terrain; elle n'a pas été relevée dans celles où se trouvent le gabbro normal et la norite; de la sorte, si l'on devait admettre l'hypothèse d'une circulation alcaline, cette circulation n'aurait affecté qu'une partie de la région gabbroïque.

De plus, tous les échantillons de gabbro à olivine ne montrent pas ce phénomène des éponges d'albite et d'amphibole aciculaire; on ne trouve ces éponges que pour les échantillons où l'olivine est en voie d'altération; elles se voient dans certaines plaques où l'olivine est entièrement incluse dans un feldspath primaire; s'il s'agissait d'une circulation alcaline dans le gabbro à olivine seul, cette circulation aurait dû affecter également tout le gabbro à olivine.

On est ainsi conduit à supposer qu'il s'agit simplement d'une réaction de certains éléments du périclote sur le feldspath primaire; on peut indiquer cette réaction sous la forme suivante :



Les seuls caractères communs avec la myrmékite consistent donc dans la formation de bourgeons sur les bords de feldspaths primaires de la roche et dans ce fait que le minéral englobé est de forme aciculaire; le mécanisme de la naissance des éponges d'albite et d'amphibole est différent.

La réaction de l'olivine altérée sur le feldspath primaire peut présenter divers stades : en premier lieu, le périclote peut être plus ou moins résorbé; en outre, diverses zones ou plages de minéraux secondaires peuvent se former suivant la nature du feldspath primaire ou suivant le degré d'altération de la roche.

(a) Lorsque l'olivine a complètement disparu, elle est rem

placée par un groupement d'éponges d'albite et hornblende aciculaire, accompagné de quelques cristaux xénomorphes de hornblende, généralement peu volumineux. Le périclote disparu est alors décelé par les traînées de magnétite que l'on trouve si fréquemment dans les cassures : tel est le cas pour une plaque de l'affleurement du château de Vahais où le feldspath primaire est une andésine à 51 0/0; lorsque ces indices font défaut, ce qui se produit par exemple pour une plaque de la tranchée du tramway (carrière voisine de la gare), bien que l'aspect caractéristique des éponges ne laisse guère aucun doute, la résorption d'olivine pourrait être discutée; on pourrait se demander si l'albitisation mise en évidence par la présence de ce groupement d'albite et de hornblende aciculaire concerne un gabbro normal, c'est-à-dire dépourvu d'olivine, ou bien un gabbro à olivine résorbée : l'échantillonnage fournit à cet égard une première indication : l'affleurement est situé dans la région du gabbro à olivine où la présence de gabbro normal serait tout à fait exceptionnelle; un renseignement plus net est donné par la nature du feldspath primaire : c'est une andésine basique à 58 0/0, très voisine du labrador, que l'on ne trouve dans aucun échantillon de gabbro normal.

(b) Si quelques vestiges d'olivine subsistent, la formation de minéraux secondaires comporte, le cas échéant, une ou plusieurs zones ou plages dont le groupement assez variable mérite d'être examiné en détail :

(I) Une plaque d'échantillon recueilli au château de Vahais montre l'olivine en contact avec une andésine à 50 0/0 : le périclote est à peine altéré; au contact, on voit en bordure du feldspath primaire, un liseré d'amphibole secondaire, et, par places, quelques ébauches d'éponges albite et hornblende.

Dans une plaque de la gare d'Ernée, où le feldspath primaire est une andésine à 55 0/0, on retrouve autour des périclotes, un liseré d'amphibole secondaire; les éponges d'albite et hornblende, plus développées que précédemment, se montrent en bordure des feldspaths voisins; si le feldspath primaire est disloqué, les éponges pénètrent jusqu'au cœur du feldspath, en remplissant les cassures (carrière du tramway, labrador à 60 0/0).

Dans une plaque de la lande de Vahais (labrador primaire à 63 0/0), un cristal d'olivine est en contact avec un cristal d'augite d'une part, et avec des feldspaths sur les autres bords; au contact du pyroxène, le périclote est seulement serpentinisé;

au contact des feldspaths, les éponges d'albite et hornblende sont très développées; on trouve, comme précédemment, en bordure du périclote, un liseré imperceptible d'amphibole secondaire; de plus, entre ce liseré et les éponges, c'est un amas de cristaux rectangulaires de hornblende; au Moulin de Vahais (labrador à 62 0/0), le développement des plages de minéraux secondaires est plus accentué encore : la zone centrale est exclusivement formée de hornblende; la zone externe comporte les éponges d'albite et hornblende aciculaire.

Au chemin de Carelles (labrador à 60 0/0), dans une plaque montrant une roche assez fraîche, le périclote en contact avec des pyroxènes est indemne; par contre, on trouve au contact des feldspaths une zone d'altération qui comporte, le plus généralement, un liseré d'amphibole; toutefois, lorsque les plagioclases avoisinant le périclote montrent une différence appréciable comme teneur en anorthite, la formation de minéraux secondaires n'est pas la même : ainsi, les plages spongieuses d'albite et hornblende aciculaire sont plus développées chez un labrador à 60 0/0 qu'au contact d'une andésine à 50 0/0.

Une plaque de la lande de Vahais (andésine à 55 0/0) montre un périclote dont la partie centrale est entièrement transformée en un agrégat de cristaux xénomorphes d'amphibole; la zone externe, en contact uniquement avec des feldspaths, comporte des plages très développées d'éponges d'albite et hornblende.

(II) A l'aqueduc du Bizeul (andésine à 48 0/0), une plaque montre le périclote en contact avec un pyroxène et des feldspaths; il n'y a pas d'altération au voisinage du pyroxène, comme précédemment, l'altération se montre au voisinage des feldspaths : c'est un liseré de hornblende aciculaire dont les cristaux pénètrent dans le feldspath; ce liseré est entouré, le cas échéant, dans le feldspath même, d'une zone d'éponges d'albite et hornblende peu développée.

Une plaque du bois des Rondellières (andésine à 45 0/0) indique les trois zones d'altération concentriques déjà citées : liseré amphibolique en bordure du périclote, agrégat de cristaux xénomorphes d'amphibole, plage d'éponges d'albite et hornblende dans le feldspath; mais la zone spongieuse est généralement de faible importance; l'agrégat d'amphibole xénomorphe est au contraire très développé.

A la gare du tramway (andésine à 41 0/0), une plaque montre un périclote avoisinant avec un pyroxène et des pla-

gioclasses; le contact de ces derniers seulement fournit des minéraux secondaires : la zone d'altération est d'ailleurs peu développée; elle comporte un liseré d'amphibole autour du périclote, et une plage d'éponges d'albite et hornblende dans les feldspaths.

Ainsi, en résumé, le contact seul d'olivine et plagioclase donne lieu à la formation de minéraux secondaires, tandis que le contact d'olivine et pyroxène est indemne; en outre, la zone d'altération comporte en général trois plages concentriques, savoir : autour du périclote, un liseré amphibolique, ensuite un agrégat de cristaux xénomorphes de hornblende commune, puis une série d'éponges d'albite et hornblende aciculaire empiétant sur les feldspaths primaires limitrophes; la première plage est de faible largeur : elle peut d'ailleurs faire défaut lorsque le périclote est complètement résorbé; alors l'agrégat d'amphibole xénomorphe, lorsqu'il existe, est toujours entouré d'une plage d'éponges d'albite et hornblende aciculaire; enfin, un dernier stade montre que l'agrégat central d'amphibole xénomorphe peut disparaître aussi : le périclote est alors remplacé entièrement par un amas d'éponges d'albite et hornblende aciculaire.

Une dernière remarque à faire sur cette zone spongieuse concerne son développement. Celui-ci paraît fonction à la fois du volume des cristaux d'olivine, de l'étendue de la surface de contact du périclote avec le feldspath primaire et du degré d'altération de la roche; il paraît indépendant de la teneur en anorthite des feldspaths calcosodiques.

Magnétite. — Ce minéral existe en cristaux xénomorphes dans tous les échantillons; on rencontre, cependant, des octaèdres de forme a^1 (111) à Fourbois. Dans quelques échantillons, l'abondance de la magnétite est telle que la proportion de ce minéral entre pour 1/4 dans la totalité des éléments (Mauny).

En outre, les dépôts de magnétite existent couramment dans les cassures des périclotes, sous formes de traînées plus ou moins discontinues.

Albite. — L'albite a été rencontrée, comme élément primaire, dans quelques échantillons serpentinisés de la périphérie (la contrée du Rocher, Belle-Plante, Mauny, le Fay, la Blanchardière); ce sont de petits cristaux xénomorphes peu abondants.

Hornblende. — La hornblende existe comme produit secondaire d'origines diverses : (I) comme résultat de l'altération

de l'olivine au contact des plagioclases primaires ainsi qu'on l'a indiqué précédemment; (II) comme produit d'altération des pyroxènes; elle forme alors, en plaque mince, des taches brun jaunâtre dans les angles de cristaux de pyroxène (gare d'Ernée, chemin de Carelles, bois des Rondellières); elle peut présenter des macles polysynthétiques en relation avec les plans de séparation h^1 (100) des pyroxènes primaires (gare d'Ernée).

Aclinole. — Ce minéral est aussi un produit d'altération des pyroxènes; il se présente en aiguilles groupées en sphérolithes (gare d'Ernée, chemin de la Boissière).

Chlinochlore. — On rencontre ce minéral comme produit d'altération des feldspaths (château de Vahais) ou de la biotite (la Blanchardière); il forme des plages de cristaux xénomorphes diversement orientés dans le premier cas; il prend l'aspect cloisonné dans le second cas.

Antigorite. — La serpentinitisation de l'olivine fournit comme minéral secondaire l'antigorite (gare d'Ernée, chemin de la Boissière, chemin de Carelles, le Petit Fay); ce sont des plages vert tendre en lumière naturelle, comportant des macles qui donnent au minéral, en lumière convergente avec nicols croisés, l'aspect uniaxe, avec bissectrice aiguë n_p . Le pléochroïsme est toujours très net.

La *Pyrite* et le *Mispickel* existent en quantité assez faible; comme produits accessoires dans de nombreux échantillons, rien de particulier à signaler.

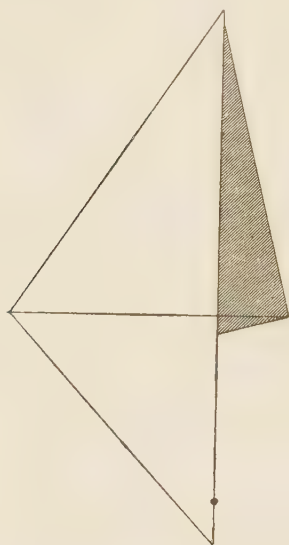
(b) Etude chimique.

Une analyse de gabbro à olivine a été faite par Pisani; elle concerne un échantillon recueilli dans la tranchée du tramway près la gare d'Ernée; d'après la plaque mince, c'est une roche à grands éléments; les plagioclases constituent plus de la moitié des éléments; ce sont, en majorité, des andésines à 55 0/0 d'anorthite, les pyroxènes, en proportion d'un quart environ dans la roche, sont de deux sortes : augite et pigeonite; l'augite domine; l'olivine forme le reste des éléments; les éponges secondaires d'albite et hornblende aciculaire existent en faible proportion.

Les résultats bruts de l'analyse sont les suivants :

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
48,70	17,95	0,76	6,48	8,20	13,36	1,90	0,47	1,18	"	0,70	99,70

Si l'on compare ces chiffres avec ceux du gabbro normal n° 2 on voit que les teneurs en alumine, sexquioxyde de fer, alcalis diffèrent respectivement de quelques dixièmes; les écarts respectifs pour le protoxyde de fer, la magnésie et la chaux sont d'une unité environ; celui de la silice, 2 unités; ainsi les différences sont insignifiantes comme teneurs d'éléments bruts; cependant le gabbro normal est dépourvu d'olivine, tandis que l'autre roche en contient une quantité appréciable; les raisons de cette différence minéralogique seront examinées lorsqu'on étudiera la répartition en éléments virtuels.



La comparaison avec le gabbro normal n° 1 montre aussi des différences très faibles dans les teneurs respectives d'éléments : quelques dixièmes pour les deux fers et les alcalis : une unité pour l'alumine et la chaux, deux unités pour la silice et la magnésie.

La représentation graphique en triangles normaux indique une disposition analogue à celle que l'on trouve pour les deux gabbros normaux : un triangle ferro-magnésien beaucoup plus développé que le triangle feldspathique; et dans ce dernier, la prédominance manifeste de l'ordonnée relative à la potasse sur l'abscisse qui concerne la soude.

Le calcul fournit la composition normative ci-dessous :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
"	2.76	16.24	38.64	"	22.44	6.97	9.20	"	0.93	2.28	100.18

La comparaison avec le gabbro normal n° 2 fait ressortir des écarts assez faibles pour l'orthose et l'albite (1 unité environ), pour l'anorthite (2 unités), pour le diopside (4 unités); par contre, le gabbro à olivine a bien moins d'hypersthène (15 unités en moins) et un excès important d'olivine (plus de 8 unités); si l'on recherche la justification de ces écarts, on doit l'attribuer à diverses causes : la deuxième roche ayant un peu plus d'alcalis, fournit un peu plus de feldspaths acides; il en résulte que les disponibilités de silice sont moindres; ce résultat est en outre accentué par ce fait que la roche est moins

riche en silice totale d'environ 2 unités; d'autre part, cette même roche, un peu plus pauvre en alumine (de 0,3 environ), donne un peu moins d'anorthite virtuelle que le gabbro normal; étant un peu plus riche en chaux (de 1 unité environ), elle a plus de diopside, ce qui diminue les disponibilités de (FeO + MgO) dans la même roche; finalement, d'après les calculs, il reste, pour l'ensemble (hypersthène + olivine) :

Dans le gabbro normal, 205 molécules de silice et 210 molécules de (FeO + MgO); dans le gabbro à olivine, 177 molécules de silice et 120 molécules de (FeO + MgO); la répartition définitive s'établit alors comme il suit :

		SiO ^a	FeO + MgO
Gabbro normal {	Hypersthène.	200	200
	Olivine.....	5	10
G. à olivine... {	Hypersthène	63	63
	Olivine.....	114	57

On voit ainsi que la quantité d'olivine est d'autant plus élevée que la différence entre les chiffres totaux de molécules de silice d'une part, de (FeO + MgO) d'autre part, est plus grande.

En résumé, bien que les teneurs brutes d'éléments simples dans les deux roches soient très voisines, la formation d'olivine dans la seconde est la conséquence de ce fait que la roche est plus pauvre en silice et en alumine, plus riche en alcalis. On est en droit de supposer que les mêmes causes interviennent dans la nature, lors de la solidification du magma, pour faciliter la production d'olivine microscopique, chez des roches de composition chimique aussi voisine.

Si l'on compare le gabbro à olivine au gabbro normal n° 1, la répartition des minéraux virtuels montre des écarts analogues à ceux qui précèdent, avec toutefois des différences plus accentuées pour l'albite et l'anorthite; ainsi dans le premier magma, on trouve environ 3 unités en plus pour l'albite, 5 en moins d'anorthite, 8 en plus de diopside, 12 en moins d'hypersthène. En outre, ce magma n'a pas de quartz virtuel, tandis que le second en compte environ 3; enfin, ce dernier magma n'a pas d'olivine virtuelle. Comme dans le cas précédent, le premier magma est plus pauvre en silice et en alumine, plus riche en alcalis (sauf pour la potasse où les chiffres sont les mêmes à un dixième près) : les mêmes conclusions s'imposent en ce qui concerne la formation d'olivine microscopique pour

l'une des roches, bien que les compositions chimiques soient voisines.

Les paramètres américains donnent le classement du gabbro à olivine :

$\frac{F}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{an}} \text{NL}}{F}$	$\frac{K' O \cdot Na_2 O}{CaO}$	$\frac{K}{N}$	Groupe
57,66	57,66	41,82	1,38	0	0,25
				$\frac{F}{N} = 0,161$	III {5.4.4/5}

Ainsi, la roche appartient au même groupe chimique que le gabbro normal n° 2. Comme ce dernier, elle diffère du gabbro normal n° 1, de type II (5, 4, 4-5) par la classe; toutefois, chez le gabbro à olivine, la valeur du paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ est intermédiaire des valeurs correspondantes dans les deux gabbros normaux.

Les paramètres M L sont les suivants :

Φ	τ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie				
4,46	0,24	0,88	0,54	(V, II) (1.1)	granito dioritique mégasodique	magnésienne mégacalcique				
K	N	C	S _{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S _{sal} % (2K+3n%)	An%
8	32	135	514	173	196	133	456	41,82	29,64	6,64 76

Le magma ne se rapproche des gabbros normaux que par la scorie qui est de même type; cependant, les paramètres Φ du gabbro à olivine et du gabbro normal n° 2 sont très voisins de la limite 4,50 qui sépare la fumerolle granito-dioritique V de la fumerolle tonalitique VI; de même, le paramètre τ du gabbro à olivine est très voisin de la limite 0,20 qui sépare les types I et II de fumerolles mégasodique et persodique; en somme, le magma du gabbro à olivine est très voisin du type (VI, I) (1. 1) auquel appartient le gabbro normal n° 2 : ces conclusions sont à rapprocher de celles que fournissent les paramètres américains.

La comparaison des paramètres de triangles normaux fournit à son tour quelques indications intéressantes :

Ceux de la première série (K, N, C, S_{sal}) sont assez voisins de ceux des gabbros normaux; parmi ces paramètres, K et C sont presque identiques aux chiffres correspondants du gabbro normal n° 1 avec des écarts respectifs de 0,001 et 0,003, N et S_{sal} diffèrent respectivement de 0,001 et 0,006 des chiffres intéressés du gabbro normal n° 2; pour la seconde série (F, M, C', S_x), les écarts sont plus sensibles, bien que l'on ait encore des chiffres de même ordre; ainsi les différences sont

respectivement de 0,02 pour les trois premiers et 0,06 pour le dernier, en ce qui concerne le gabbro normal à pigeonite, 0,02 - 0,03 - 0,04 - 0,04 en ce qui concerne le gabbro normal à augite; le paramètre $S_{\text{sa1}} 0/0$ est le même que celui du premier gabbro normal à 0,6 près, tandis qu'il diffère de 4 unités avec le deuxième gabbro normal; de même le paramètre x (fem 0/0) ne diffère que de une unité environ avec le premier gabbro normal et de 6 unités avec le second; les paramètres $(2k + 3n) 0/0$ sont voisins pour les trois roches. Ainsi, la lecture de ces paramètres montre encore, comme précédemment, que les trois roches sont voisines et, en outre, que le gabbro à olivine est plus proche du gabbro normal n° 2 que du gabbro normal n° 1.

Enfin, on peut rechercher, dans le groupe chimique des Auvergnoses de M. Washington, si certaines roches peuvent être comparées avec le gabbro à olivine, dont le paramètre

$$\frac{K}{N} = \frac{5}{31} = 0,16.$$

(α) La roche n° 56, gabbro du mont Collon (Suisse), dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{3}{24} = 0,15$ est la plus voisine, au point de vue chimique seul; les teneurs brutes en silice, chaux et alcalis diffèrent respectivement de quelques dixièmes (0,2 à 0,5), des chiffres correspondants du gabbro à olivine; celle d'alumine est la même à 0,05 près; celles de fer et magnésium diffèrent respectivement de 1,5 à 3 unités; les chiffres de minéraux virtuels montrent aussi des écarts faibles pour les deux roches: 0,2 et 0,3 pour l'olivine et le diopside, 1 unité pour l'orthose, 2 pour l'hypersthène, 3 pour l'anorthite, 4 pour l'albite.

La roche n° 22, diabase du Wisconsin, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{4}{30} = 0,13$, est assez voisine du gabbro à olivine d'Ernée; toutefois, les différences sont plus grandes que pour le cas précédent comme teneurs brutes, notamment pour la chaux et l'alumine, où elles atteignent 3 unités, et comme répartition normative, puisque la diabase de Wisconsin a beaucoup moins d'anorthite (6 unités d'écart), plus d'hypersthène (10 unités d'écart) et pas d'olivine virtuelle.

(β) La roche n° 27, olivine-gabbro du Minnesota, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{4}{31} = 0,13$, est une roche, de même composition minéralogique, qui peut être comparée au gabbro à

olivine d'Ernée; les teneurs brutes d'alcalis sont voisines, il est vrai, ainsi que celles de fer (écart 0,10), d'alumine (écart 1,5), silice (écart 3 unités), mais les chiffres de magnésie, chaux, protoxyde de fer, diffèrent respectivement de 4, 6, 7 unités pour les deux roches; aussi, la composition normative montre-t-elle des différences accentuées pour le diopside virtuel (écart 21) et l'olivine (écart 21); ainsi, le gabbro à olivine du Minnesota est plus éloigné chimiquement du gabbro à olivine d'Ernée que les deux roches précédentes du mont Collon et du Wisconsin.

§ IV. — GABBRO-NORITE.

(a) *Etude microscopique.*

Par définition, la norite franche diffère du gabbro normal en ce fait que le pyroxène est exclusivement de l'enstatite ou de l'hypersthène; cette roche est moins fréquente dans le massif d'Ernée que le gabbro-norite qui contient de l'augite et un pyroxène rhombique; bien entendu, d'après la prédominance de teneur en pyroxène rhombique ou monoclinique, on trouve tous les passages entre la norite et le gabbro normal. Comme pour le gabbro normal, les types quartzifères et micacés existent; on les rencontre à la périphérie (le Pont en X, les Boissières).

Feldspaths. — La proportion des feldspaths est la même que dans le gabbro normal; la plagioclase est une andésine dont la teneur moyenne est de 46 0/0 d'anorthite, sauf pour les échantillons quartzifères où le feldspath est une andésine à 40 0/0, accompagnée d'oligoclase à 33 0/0; la répartition sur le terrain, d'après l'examen en plaque mince, comporte les teneurs ci-dessous : gare d'Ernée, 40 0/0; chemin de Carelles (nord), 40 0/0; chemin de Carelles (sud), 55 0/0; les Rondelières (ferme de l'ouest), 53 0/0. Toutefois, dans une même plaque, on peut trouver une variation assez grande dans les plagioclases, sans cependant s'éloigner de l'andésine : ainsi, au chemin de Carelles, 50 et 60 0/0; dans le ballast du tramway, un échantillon donne 45, 55, 60 0/0. Les cristaux sont rarement aplatis sur g^1 (010) (Le Pont en X); ils ne sont jamais zonés; un seul groupement micropegmatique a été observé (chemin de Carelles); il concerne l'albite, l'augite et l'hypersthène; on trouve des traces de phénomènes dynamiques au Pont en X où les macles de l'albite des plagioclases

présentent des déformations caractéristiques. L'altération des feldspaths est du type « damouritisation ».

Pyroxènes. — Les pyroxènes sont constitués par de l'hypersthène dans la norite franche, de l'hypersthène et de l'augite pour le gabbro-norite; on peut rencontrer, en outre, un peu de pigeonite dans cette dernière roche (chemin de Carelles, sud).

(α) *Hypersthène.* — La proportion de ce minéral sur la totalité des éléments, varie entre $1/5$ et $1/4$; elle s'élève à $1/2$ pour les types micacés quartzifères; ce pyroxène est généralement xénomorphe; exceptionnellement, il présente des formes géométriques (gare d'Ernée, les Rondellières); ce sont alors des cristaux allongés suivant l'axe vertical et présentant les faces h^1 (100) et g^1 (010); quelquefois, ce pyroxène est très développé (gare d'Ernée, chemin de Carelles): alors sa plus grande dimension atteint seulement 1 mm ; les inclusions ferrugineuses caractéristiques, dans les clivages g^1 (010) se rencontrent fréquemment; le pléochroïsme est net.

Les groupements avec l'augite sont fréquents; ce sont des associations micropegmatiques où la face h^1 (100) de l'augite est accolée à la face g^1 (010) du pyroxène rhombique (chemin de Carelles, château de Panard). Dans l'un de ces cas, une plaque (chemin de Carelles) montre des cristaux intéressants au point de vue synthétique; on trouve, au centre, de l'hypersthène, puis ensuite, l'hypersthène et l'augite ayant cristallisé simultanément en structure eutectique, et, à la périphérie, une mince chemise d'augite. Par ailleurs, la même plaque montre de grands cristaux d'hypersthène englobant les cristaux d'augite disposés parallèlement suivant deux directions: h^1 (100) et p (001); les extinctions de cet augite ne sont pas simultanées pour tout l'ensemble, mais paraissent identiques pour chaque groupe h^1 (100) et p (001).

Le pyroxène, comme pour le gabbro normal et le gabbro à olivine, est postérieur aux feldspaths qu'il moule assez fréquemment.

Ce minéral est généralement très frais; exceptionnellement il s'altère en bastite (gare d'Ernée) en anthophyllite (chemin de Carelles), en actinote (gare d'Ernée).

(β) *Augite.* — Ce pyroxène est généralement de dimensions réduites, alors que l'hypersthène est au contraire assez développé; la proportion d'augite varie, ainsi qu'on l'a dit plus haut, suivant les échantillons; elle augmente pour ceux qui sont recueillis au contact du gabbro normal ou du gabbro à

olivine. Les formes, macles, etc., ne donnent lieu à aucune remarque spéciale.

(*γ*) *Pigeonite*. — Un seul échantillon (chemin de Carelles) montre ce minéral, qui forme des groupements micropegmatiques avec l'hypersthène; ce dernier pyroxène constitue le minéral englobé. Ces groupements concernent des macles suivant h^1 (100) comme dans le cas d'association augite et hypersthène.

Quartz. — Le quartz est couramment granulitique sauf au Pont en X où il forme des plages moulant les autres minéraux à l'exception du mica.

Mica. — Le mica rencontré dans ces roches est la biotite, quelquefois altérée en muscovite (le Pont en X).

Magnétite, *Pyrite*, *Mispickel*. — Ces trois minerais se trouvent dans presque tous les échantillons. Rien de spécial à signaler.

Albite. — Ce plagioclase existe dans un échantillon (le Pont en X); il constitue un élément primaire; ce sont de petits cristaux aplatis sur g^1 (010).

Oligoclase. — Ce feldspath est peu fréquent, il ne forme pas de micropegmatite avec le quartz comme dans le gabbro normal.

Hornblende. — Cette amphibole est rare; elle ne se présente guère que sous forme de taches d'altération dans l'augite.

Actinole. — Ce minéral n'existe que comme produit d'altération des pyroxènes; ce sont des cristaux aciculaires généralement disposés sans ordre, quelquefois groupés en sphérolithes (les Boissières); dans quelques cas, on voit l'actinote se développer en aiguilles dans les cassures de l'hypersthène (gare d'Ernée).

Anthophyllite. — Cette amphibole se trouve dans un échantillon (chemin de Carelles) comme produit d'altération de l'hypersthène associé micropegmatiquement à l'augite; en même temps, ce dernier pyroxène est altéré en hornblende.

Basile. — Ce minéral, produit d'altération de l'hypersthène, se montre en aiguilles à allongement positif, orientées suivant les clivages du pyroxène qui prend un aspect moiré (gare d'Ernée).

Clinocllore. — Cette chlorite a été rencontrée exceptionnellement comme produit d'altération de feldspath (gare d'Ernée).

(b) *Etude chimique.*

Deux échantillons ont été analysés par Pisani; l'un con-

cerne un gabbro-norite du Pont en X, l'autre un gabbro-norite recueilli dans le ballast du tramway de Landivy, près de la gare d'Ernée.

A. — Gabbro-norite n° 1.

La roche analysée est un type micacé quartzifère; les pyroxènes, très répandus, y entrent dans la proportion de 1/3 environ; ce sont, en grande majorité, des cristaux d'augite; on y trouve aussi de l'hypersthène en faible quantité; les feldspaths en grands et en petits cristaux, assez souvent altérés, sont surtout constitués par du labrador à 64 0/0 d'anorthite.

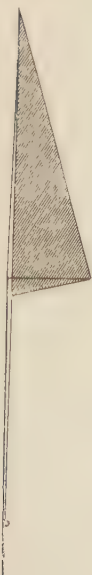
Les résultats bruts de l'analyse sont indiqués ci-dessous :

SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
54,30	17,21	0,03	9,27	5,78	7,45	2,10	0,49	1,42	0,07	1,50	99,64

Comparés avec les chiffres relatifs au gabbro normal n° 2, ils présentent des écarts faibles pour les alcalis (quelques dixièmes), pour le sesquioxyde de fer et l'alumine (1 unité environ); les différences sont plus élevées pour la silice (3 unités), le protoxyde de fer et la magnésie (4 unités), la chaux (5 unités).

La comparaison avec l'analyse du gabbro normal n° 1 montre peu d'écart pour les teneurs respectives de sesquioxyde de fer, magnésie, alcalis (quelques dixièmes); on a 2 unités d'écart pour l'alumine et le protoxyde de fer, 3 pour la silice, 5 pour la chaux : ainsi, d'après les teneurs brutes d'éléments simples, le gabbro-norite n° 1 est plus voisin du gabbro-normal n° 1 que du gabbro normal n° 2 : néanmoins, pour les deux gabbros normaux, il existe un écart important du chiffre de chaux avec le gabbro-norite.

La représentation graphique en triangles normaux montre que les triangles feldspathiques des trois roches sont assez voisins; par contre, le triangle ferro-magnésien est nettement différent de celui des gabbros normaux; quoique le sommet de ce triangle, dans le gabbro norite, soit encore situé du côté des abscisses négatives, il est très proche de l'origine, c'est-à-dire que la surface du triangle est fort ré-



duite; au contraire, dans les gabbros normaux, le triangle ferro-magnésien occupe une superficie supérieure à celle du triangle feldspathique; il y a là une différence très nette qui est la conséquence de la pauvreté du gabbro-norite en chaux non feldspathisable.

La composition normative répartit comme il suit les minéraux virtuels :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
9,18	2,78	17,82	36,14	"	0,68	28,78	"	"	"	2,74	99,62

La comparaison avec le gabbro normal n° 2 fait ressortir quelques différences importantes : la présence de quartz dans le gabbro-norite, l'infériorité du chiffre de diopside (environ 18 unités d'écart avec le gabbro normal n° 2), la supériorité du chiffre d'hypersthène (7 unités en plus). Ce dernier résultat, évidemment prévu puisque le gabbro-norite est riche en pyroxène rhombique, mérite quelque examen puisque cette roche a une teneur brute plus faible de 9 unités environ pour l'ensemble (FeO + MgO) : d'après le calcul, on observe que le gabbro-norite, légèrement plus pauvre en alumine, est aussi un peu plus pauvre en anorthite virtuelle; ainsi, l'écart en anorthite est faible (4 unités); mais, comme le gabbro-norite est aussi très pauvre en chaux, la teneur en diopside est insignifiante; la consommation de magnésie, pour la constitution de ce diopside, est donc faible; par suite, la disponibilité de magnésie pour la constitution du pyroxène orthorhombique est suffisamment élevée pour fournir finalement plus d'hypersthène dans le gabbro-norite. Ainsi, l'écart élevé constaté pour les teneurs en pyroxène rhombique tient à deux causes : équivalence du chiffre d'alumine dans les deux roches, pauvreté en chaux du gabbro-norite; l'infériorité du chiffre d'ensemble (FeO + MgO) n'a aucun rôle.

La comparaison avec le gabbro normal n° 1 montre moins d'écart que précédemment en ce qui concerne la silice libre (5 unités) et le diopside (13 unités), mais on a plus de différences pour l'albite (4 unités), l'anorthite (7 unités), l'hypersthène (9 unités). La différence d'anorthite est la conséquence de l'écart des teneurs brutes d'alumine (environ 2 unités en moins chez le gabbro-norite).

Pour la classification du magma, on obtient les paramètres ci-dessous.

<u>F</u>	<u>Sal</u>	<u>fem</u>	<u>Sal</u> <u>fem</u>	<u>Q_{an}NL</u> <u>F</u>	<u>K²O-Na²O</u> <u>CaO</u>	<u>K</u> <u>N</u>	<u>Groupe</u>
56,74	65,92	32,20	2,04	0,16	0,30	$\frac{S}{N} = 0,102$	II {4 4 4/5}

On voit que le gabbro-norite n° 1 est plus voisin du gabbro normal n° 1 que du gabbro normal n° 2; il ne diffère du premier que par le classement du deuxième paramètre $\frac{O}{F}$; au surplus, le paramètre en question est fort voisin de la limite 0,14 qui sépare les ordres 4 et 5; il s'en faut de 0,03 que le gabbro-norite ne soit classé dans l'ordre 5, c'est-à-dire, n'appartienne au groupe II (5. 4. 4-5) où s'est classé le gabbro normal n° 1.

On peut étudier aussi le magma au moyen des paramètres M. L.

Φ	z	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie
5,33	0,23	1,61	1,25	(VI.11) (2.2)	tonalitique mégasodique	magnésienne ferrique mésocalcique

<u>K</u>	<u>N</u>	<u>C</u>	<u>Sal</u>	<u>F</u>	<u>M</u>	<u>C'</u>	<u>Sx</u>	<u>x%</u>	<u>Sal%</u> (2K+3n%)	<u>An%</u>
6	31	110	588	289	179	5	480	32,2	38,82	7,28 66

Le magma diffère de celui des gabbros normaux par la fumerolle et la scorie, il est vrai; néanmoins, on observe un caractère commun aux trois roches : la fumerolle tonalitique. En outre, il est bon d'observer que le gabbro normal n° 1 se rapproche davantage du gabbro-norite; en effet, le second paramètre r de la première roche est très voisin de la limite 0,20 séparative des groupes persodique et mégasodique : ainsi la fumerolle des deux magmas appartient à un type peu différent; en outre, le paramètre Ψ du gabbro-norite est assez proche de la limite 1,5 séparative des groupes magnésien et magnésien-ferrique, de sorte que la scorie du gabbro-norite se rapproche du type magnésien que l'on observe dans le gabbro normal n° 1.

Dans les paramètres de triangles normaux, on voit, au premier groupe, les chiffres de K et N très voisins, sinon identiques, pour le gabbro-norite et le gabbro normal n° 2, tandis qu'ils s'écartent davantage de ceux du gabbro normal n° 1; l'écart d'ailleurs est très faible : 3 millièmes pour le premier, 7 millièmes pour le second paramètre; les autres paramètres du premier groupe et tous ceux du deuxième groupe (exception faite pour C') sont très voisins pour le gabbro-norite et le gabbro normal n° 1; les paramètres x , S_{sal} 0/0

(2 $k + n3$) 0/0 s'éloignent davantage de ceux des deux gabbros normaux, mais les écarts respectifs sont moindres avec le gabbro normal n° 1.

En résumé, l'étude des divers paramètres montre que le gabbro-norite n° 1 a plus de caractères communs et moins de différences avec le gabbro normal n° 1 qu'avec le gabbro normal n° 2; minéralogiquement cette conclusion s'explique par ce fait que le gabbro-norite contient beaucoup plus d'augite que d'hypersthène; il doit donc se rapprocher davantage du gabbro normal n° 1.

Enfin on peut rechercher dans le groupe chimique des Bandoses de Washington s'il existe des roches à comparer au gabbro-norite :

(α) Au point de vue chimique seul, les roches les plus voisines sont la roche n° 7, enstatite-diabase du Colorado, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{8}{37} = 0,21$ et la roche n° 14, basalte de

Patagonie, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{6}{39} = 0,15$.

La première montre peu de différence, comme teneurs brutes d'éléments simples, avec le gabbro-norite; en effet, les écarts respectifs sont de 0,1 à 0,2 pour tous les éléments, sauf pour la silice, l'alumine et le protoxyde de fer où la différence varie de une à deux unités; dans la répartition normative, les chiffres de quartz et de feldspaths sont identiques ou voisins à une unité près, celui d'hypersthène est différent de 2 unités; toutefois, on constate deux différences : l'enstatite-diabase du Colorado présente un excès d'alumine et n'a pas de diopside virtuel; mais la faiblesse des chiffres intéressés de corindon (0,8) et de diopside (0,7) atténue ces écarts.

La seconde roche diffère davantage, comme teneurs brutes, du gabbro-norite, surtout en magnésie (3 unités en moins), en chaux (4 unités en plus), en protoxyde de fer (5 unités en moins); au point de vue normatif, les chiffres de minéraux virtuels ne diffèrent guère respectivement que de 2 unités en plus avec ceux du gabbro-norite, sauf pour les pyroxènes : le basalte a beaucoup plus de diopside (16 unités en plus) et n'a pas d'hypersthène. Ces résultats sont la conséquence immédiate des différences de teneurs en chaux ainsi qu'en protoxyde de fer et magnésie.

(β) Le groupe considéré ne comporte pas de gabbro à augite et à hypersthène, à comparer avec la roche d'Ernée; la roche la plus voisine est l'enstatite-diabase du Colorado qui

diffère minéralogiquement du gabbro-norite d'Ernée, par le pyroxène rhombique.

(B) Gabbro-norite n° 2

La roche analysée est aussi un type micacé quartzifère; les pyroxènes y entrent pour la proportion d'un tiers environ; ce sont presque exclusivement de l'hypersthène; on y trouve aussi quelques cristaux d'augite et de pigeonite, mais en quantité insignifiante. Les feldspaths sont de faibles dimensions, aplatis sur g^1 (010), moulés par les pyroxènes : la roche est donc une norite ophitique; la teneur en anorthite des plagioclases va de 45 0/0 à 60 0/0 : ces feldspaths sont des andésines basiques.

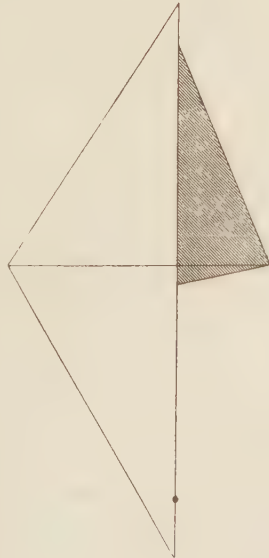
Les résultats de l'analyse fournissent la répartition suivante en éléments simples :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Perle au feu	Total
53,50	15,01	"	9,45	7,05	10,30	2,50	0,52	1,63	"	0,50	100,46

La comparaison de ces chiffres avec ceux du gabbro-norite n° 1 montre pour les diverses teneurs des écarts respectifs de quelques centièmes pour lesesquioxyde de fer et la potasse, quelques dixièmes pour le protoxyde de fer et la soude, 1 unité pour la silice et la magnésie, 2 pour l'alumine, 3 pour la chaux : ce sont deux roches assez voisines.

Avec le gabbro-normal n° 2, les écarts respectifs sont de quelques dixièmes pour les alcalis, 1 unité pour le sesquioxyde de fer, 2 pour la silice, la magnésie et la chaux, 3 pour l'alumine, 4 pour le protoxyde de fer; avec le gabbro normal n° 1, les écarts respectifs sont 0,1 pour la potasse, 1 pour la magnésie et la soude, 2 pour la silice, le protoxyde de fer et la chaux, 4 pour l'alumine; ainsi, le gabbro-norite n° 2 se rapproche moins des gabbros normaux que la roche précédente; elle est plus voisine du gabbro normal n° 2 que du gabbro normal n° 1.

La représentation graphique en triangles normaux fait ressortir une différence nette avec le gabbro-norite n° 1 : c'est le développement du triangle



ferro-magnésien ; le triangle feldspathique est analogue pour les deux roches : il est caractérisé par la prédominance de l'abscisse de soude sur l'ordonnée potassique.

Avec les deux gabbros normaux, la différence est moindre : le triangle ferro-magnésien est à peu près également développé ; le triangle feldspathique présente l'analogie précédente.

La composition normative fournie par le calcul répartit comme il suit les minéraux virtuels :

$\frac{Q}{2.94}$	$\frac{Or}{2.78}$	$\frac{Ab}{20.96}$	$\frac{An}{28.36}$	$\frac{Co}{\text{„}}$	$\frac{Di}{18.83}$	$\frac{Hyp}{23.06}$	$\frac{Ol}{\text{„}}$	$\frac{Ap}{\text{„}}$	$\frac{Mag}{\text{„}}$	$\frac{Ilm}{3.04}$	Total y compris la perte au feu 100.47
------------------	-------------------	--------------------	--------------------	-----------------------	--------------------	---------------------	-----------------------	-----------------------	------------------------	--------------------	---

D'après ces résultats, les chiffres de feldspaths acides sont assez voisins de ceux du gabbro-norite n° 1, mais l'anorthite donne un écart de 8 unités, le quartz 6, le diopside 18, l'hypersthène 5 ; on voit que le gabbro-norite n° 2 a beaucoup plus de diopside et un peu moins d'hypersthène. Cela tient à ce que cette dernière roche est un peu plus pauvre en alumine ; la quantité d'anorthite est moins élevée, la disponibilité de chaux devient plus grande pour la formation de diopside ; le chiffre élevé de diopside consomme suffisamment de (FeO + MgO) pour que le gabbro-norite n° 2, un peu plus riche à cet égard de 1,50 environ, présente un peu moins d'hypersthène virtuel.

Si l'on compare avec le gabbro-normal n° 2, on voit des écarts de même ordre, sauf pour les pyroxènes où l'écart est de 0,3 pour le diopside, 2 pour l'hypersthène ; il est vrai que le gabbro normal contient un peu d'olivine et pas de quartz, mais les différences sont insignifiantes : en somme, le gabbro-norite n° 2 est plus voisin de ce gabbro que du gabbro-norite n° 1.

D'autre part, le gabbro-norite n° 2 se rapproche aussi davantage du gabbro normal n° 2 que du gabbro-norite n° 1, par les chiffres de pyroxènes : 4 unités d'écart pour chacun d'eux ; il est, en outre, plus voisin du gabbro normal n° 2 que du gabbro normal n° 1 par les chiffres de feldspaths et de pyroxènes.

Les paramètres américains permettent de classer le gabbro-norite n° 2 :

$\frac{F}{52.10}$	$\frac{Sal}{55.04}$	$\frac{fem}{44.93}$	$\frac{Sal}{Fem} \frac{1.22}{1.22}$	$\frac{Q_{20}NL}{F} \frac{0.05}{0.05}$	$\frac{K_2O \cdot Na_2O}{CaO} \frac{0.44}{0.44}$	$\frac{K}{N} \frac{0.12}{0.12}$	Groupe III (5.4.4/5)
-------------------	---------------------	---------------------	-------------------------------------	--	--	---------------------------------	-------------------------

La roche appartient donc au même groupe que le gabbro-normal n° 2 ; elle diffère du gabbro normal n° 1 par la classe,

mais, on a vu plus haut que le paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$ de cette dernière roche fait placer celle-ci au voisinage des classes II et III; de la sorte, le gabbro-norite n° 2 n'est pas non plus fort éloigné de ce gabbro normal n° 1.

Les différences avec le gabbro-norite n° 1 sont plus importantes : elles portent à la fois sur la classe et sur l'ordre; toutefois les deux roches ont leur paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$ assez peu différent de la limite 1,66 séparative des deux classes : la différence est 0,6 avec cette limite; cependant le gabbro-norite n° 1 est plus proche de la classe III que de la classe I; le paramètre $\frac{\text{O}}{\text{F}}$, dans le gabbro-norite n° 1 est très voisin de la limite 0,14 qui sépare les ordres 4 et 5 : la différence entre les deux gabbros-norites porte donc surtout sur la classe chimique. L'étude peut être poursuivie également au moyen des paramètres ML :

Φ	τ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie				
3,67	0,208	1,35	0,91	(V.II) (1.1)	granito dioritique mégasodique	magnésienne mégacalcique				
K	N	C	S _{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S _{sal} % (2K,3n%)	An%
9	45	103	570	210	156	102	492	44,93	31,38	8,54 57

Ce magma se rapproche du magma du gabbro à olivine (V. II) (1. 1); il ne diffère du gabbro-normal n° 2 que par le groupe de la fumerolle; néanmoins, le paramètre Φ de ce gabbro normal est voisin de la limite 4,50 des fumerolles tonalitique et granito-dioritique, tandis que le paramètre τ du gabbro-norite est encore plus proche de la limite 0,20 des fumerolles persodique et mégasodique : ce sont deux fumerolles voisines; la différence est plus grande avec le gabbro normal n° 1 (VI. III) (1.1); on a cependant peu d'écart pour la fumerolle qui est voisine de mégasodique dans ce dernier magma. Les différences sont encore plus grandes avec le gabbro-norite n° 1; on n'a comme caractère commun que le type mégasodique de la fumerolle; la scorie diffère par ses deux paramètres; le 1^{er} paramètre Ψ est néanmoins aussi voisin de la limite 1,5, pour le gabbro-norite n° 2 que pour le gabbro-norite n° 1.

Les paramètres des triangles normaux, 1^{er} et 2^e groupes, sont voisins de ceux du gabbro à olivine; comparés à ceux des gabbros normaux, ils présentent des écarts divers que l'on peut examiner : dans les paramètres du 1^{er} groupe, K est le même pour le gabbro-norite n° 2 et le gabbro normal n° 1,

N diffère peu pour le gabbro-norite n° 2 et le gabbro normal n° 2, C et S_{sal} dans le gabbro-norite sont aussi voisins d'un gabbro que de l'autre; dans le second groupe, F, M, S_x se rapprochent des chiffres du gabbro normal n° 1, tandis que C' est plus voisin du paramètre intéressé du gabbro normal n° 2; le paramètre x est très proche de celui du gabbro normal n° 2; les deux autres $S_{\text{sal}} 0/0 (2k+3n) 0/0$ sont également voisins de ceux des deux gabbros normaux.

La comparaison avec le gabbro-norite n° 1 montre que tous les paramètres de triangles normaux, à l'exception de C', sont très voisins; en général, l'écart est moindre qu'avec les gabbros normaux les plus proches.

En résumé, l'étude des divers paramètres fait ressortir de nombreux caractères de passage entre le gabbro-norite n° 2 et les gabbros déjà étudiés : gabbros normaux, gabbro à olivine, gabbro-norite n° 1.

Enfin, dans le groupe chimique des Auvergnoses de M. Washington, on peut faire une comparaison avec la roche n° 66, olivine-diabase de Nord-Kimberley (Sud-Afrique) dont le

paramètre $\frac{K}{N} = \frac{6}{43} = 0,13$. Les chiffres de teneurs brutes

d'éléments simples montrent quelques écarts respectifs : quelques centièmes pour l'alumine et la potasse, 0,2 pour la soude, 2 unités pour la silice, la magnésie, la chaux, 5 pour chaque oxyde de fer (mais en sens différent); la répartition normative fournit les mêmes minéraux virtuels, avec des chiffres voisins pour le quartz et les feldspaths, un écart de 7 unités pour le diopside et 17 unités pour l'hypersthène.

Si l'on recherche d'autre part, dans ce groupe chimique, les roches que leur dénomination fait rapprocher du gabbro-norite n° 2, on trouve la roche n° 15, hypersthène-diabase The

Twins (Virginie) dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{3}{22} = 0,13$. Les teneurs

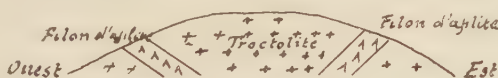
brutes présentent des écarts respectifs de 0,2 pour la potasse, 1 unité pour l'alumine, le protoxyde de fer et la soude, 2 unités pour la silice et la chaux, 6 unités environ pour la magnésie. Au point de vue normatif, la roche de Virginia fournit deux différences nettes : l'absence de silice libre, la présence d'une notable quantité d'olivine; le diopside est supérieur de 7 unités, l'anorthite de 2 unités aux chiffres respectifs du gabbro-norite, l'hypersthène est de même ordre pour les deux roches.

Ainsi, le groupe chimique considéré ne fournit pas de roche

aussi voisine du gabbro-norite n° 2 que les gabbros normaux d'Ernée

§ V. — Troctolite.

Le gisement de troctolite est situé près du passage à niveau de la Rivaudière; la coupe, prise dans la tranchée du chemin de fer, est indiquée ci contre; la partie nord-ouest du pointement est la plus riche en pyroxène monoclinique; le reste de la masse passe à un gabbro à olivine; deux filons d'aplite



Coupe schématique du gisement de troctolite de Fourbois-La Rivaudière.

traversent le gisement; ils mesurent 1 mètre de longueur, leur direction est sensiblement nord-est-sud-ouest; leur pendage 50°.

Au point de vue macroscopique, la troctolite présente l'aspect classique : roche grenue noirâtre tachetée (truitée) de feldspaths gris; les dimensions de ces derniers éléments varient de 2 m/m à 6 m/m; la partie noirâtre est constituée par un agrégat de cristaux d'olivine plus ou moins altérés; le pyroxène rhombique, dont les dimensions varient de 4 m/m à 6 m/m, est nettement reconnaissable à son éclat bronzé.

L'étude microscopique montre que la proportion d'olivine, atteint environ les $\frac{4}{5}$ de la totalité des éléments; cette proportion s'abaisse à $\frac{1}{4}$ dans la partie du gisement qui passe au gabbro à olivine. Le périclase est en cristaux volumineux, sans formes nettes, généralement agglutinés; l'altération est fréquente; elle comporte un mode différent de celui qui a été étudié pour le gabbro à olivine; c'est, dans les cassures du périclase, la formation de fibres d'antigorite disposées parallèlement suivant deux rangées.

Le feldspath est très basique; c'est un labrador à 72 0/0 d'anorthite; il est généralement antérieur à l'olivine et très fréquemment inclus dans ce dernier minéral.

Les pyroxènes sont de l'augite et de l'hypersthène; ce dernier est le plus abondant; tous deux sont xénomorphes et moulent les feldspaths voisins.

Dans l'échantillon qui passe au gabbro à olivine, la proportion de feldspaths dépasse la moitié de la totalité des éléments; on y trouve à la fois des grands cristaux allongés suivant g^1 (010) et des microlites aplatis sur g^1 (010); c'est une dia-

base à olivine; les grands cristaux peuvent être zonés; ainsi l'on rencontre le cas de trois zones : oligoclase au centre, puis couronne d'oligoclase-albite, et albite périphérique. Le pyroxène est de l'augite en grands cristaux, de formes géométriques $h^1 g^1 b^\infty$, généralement ouralitisés en hornblende. La présence de l'olivine ne se traduit guère que par des taches d'antigorite qui décèlent une serpentinisation du minéral primaire entièrement disparu. La magnétite et la pyrite se rencontrent comme dans le gabbro de la masse d'Ernée.

L'analyse faite par Pisani de la troctolite de la Rivaudière fournit les éléments suivants :

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
59,95	13,05	2,30	5,95	23,30	6,30	1,54	1,22	0,26	"	7,00	100,87

La perte au feu est fort élevée : 7 0/0, par suite de l'altération de la roche; l'élévation de ce chiffre diminue l'importance de l'analyse. Quoi qu'il en soit, on peut observer que ces chiffres présentent des écarts notables avec ceux du gabbro à olivine (la seule roche avec laquelle on puisse faire une comparaison); si le protoxyde de fer et la soude n'ont que 0,5 d'écart respectif, le sesquioxyde de fer et la potasse 1 unité environ, on a 5 pour l'alumine, 6 pour la chaux, 9 pour la silice et 15 pour la magnésie. En somme, la troctolite est pauvre en silice, alumine et chaux; très riche en magnésie.

La représentation graphique en triangles normaux montre un triangle feldspathique peu développé, un triangle ferromagnésien auquel l'ordonnée positive de magnésie donne un aspect très aplati. Ce diagramme est totalement différent de celui du gabbro à olivine; un seul caractère commun est constitué par la prédominance du triangle ferro-magnésien sur le triangle feldspathique; c'est d'ailleurs un caractère commun aussi aux deux gabbros normaux.

La composition normative, fournie par le calcul, est la suivante :

Or	Ab	An	Le	Ne	Di	Ol	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
3,89	1,57	24,74	2,61	6,25	5,24	45,52	3,25	0,46	100,53



On remarque ici que le calcul introduit, comme minéraux virtuels, deux feldspathoïdes (leucite et néphéline), par suite de la pauvreté du magma en silice. Dans l'ensemble, cette composition normative présente des différences importantes avec celle du gabbro à olivine : on a vu (p. 97) que cette dernière n'a pas de feldspathoïdes virtuels; elle est en outre plus riche en albite de 15 unités, en anorthite de 14 unités, en diopside de 17 unités, plus pauvre en olivine de 36 unités.

Comme conséquence de ces calculs, on obtiendra les paramètres ci-après :

F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{ou}} \text{NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}'\text{O} \cdot \text{Na}'\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
30,20	39,06	54,47	0,717	0,293	0,44	$\frac{44}{23} = 0,56$	III (6 4 45)

D'après ces paramètres, la roche appartient à un groupe différent de celui des gabbros précédemment étudiés; la différence principale est due au remplacement du paramètre $\frac{\text{Q}}{\text{F}}$ par $\frac{\text{Néphéline} + \text{Leucite}}{\text{Feldspath}}$; c'est la seule différence avec le groupe III (5. 4. 4-5) auquel appartiennent le gabbro-normal n° 2, le gabbro à olivine et le gabbro-norite n° 2; une seconde différence porte sur la classe avec le groupe II (5.4. 4-5) où se sont placés le gabbro normal n° 1 et le gabbro-norite n° 1. Ainsi, le magma de la troctolite, quoique très différent des précédents, est à rapprocher du premier groupe, puisque la différence ne porte que sur les caractéristiques d'ordres voisins (5 et 6).

L'étude des paramètres M L fournit aussi quelques indications :

ϕ	z	ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie
2,60	0,79	0,35	1,32	(III, IV) (1.2)	syénitique méso-potassique	magnésienne méso-calcique

K	N	C	Ssal	F	M	C'	Sx	x%	Ssal% (2K+3n%)	An%
31	39	128	470	151	128	23	393	54,47	18,56	7,06 96

D'après ce tableau, la seule affinité avec le magma des gabbros précédents (hormis le gabbro-norite n° 1), est le caractère magnésien de la scorie; par contre, la scorie est méso-calcique, comme pour le gabbro-norite n° 1; on a vu plus haut (page 104) que cette dernière roche comporte un magma dont la scorie a des caractéristiques voisines du type (1. 2), on peut en conclure que le magma de la troctolite a une scorie comparable à celle du gabbro-norite n° 1.

Dans le 1^{er} groupe de paramètres de triangles normaux, le paramètre K est notablement supérieur à celui des gabbros précédents, ce dernier oscillant entre 0,004 et 0,009; par contre, les chiffres des trois autres N, C, S_{sal} sont respectivement de même ordre pour la troctolite et les gabbros; dans le second groupe, le paramètre F est voisin de celui des gabbros; le paramètre M est de beaucoup supérieur à la plus haute valeur trouvée pour les gabbros (0,217); le paramètre C' est un peu supérieur à la valeur du même paramètre dans le gabbro-norite n° 1 (0,005), mais notablement inférieur aux chiffres qui concernent les autres gabbros (de 0,096 à 0,133); le paramètre S_x est un peu inférieur à celui des gabbros (de 0,456 à 0,516); le chiffre x (fem 0/0) est un peu supérieur à celui des gabbros (32,2 à 44,93); S_{sal} 0/0 est inférieur au plus faible chiffre trouvé chez les gabbros (29,04); $(2k + n3) 0/0$ diffère de 0,02 seulement avec la valeur du paramètre correspondant dans le gabbro-norite n° 1. En particulier, les chiffres des paramètres N, C, S_{sal}, F, S_x, $(k2 + n3) 0/0$ sont respectivement de même ordre que ceux des paramètres correspondants dans le gabbro à olivine.

Enfin, on peut rechercher, parmi les 7 roches qui constituent le groupe chimique (1) III (6. 4. 4-5) de l'ouvrage de M. Washington, s'il existe des roches à comparer à la troctolite de la Rivaudière. Cette dernière est notablement plus riche en magnésie que toutes les roches du groupe. La roche la plus voisine est une ariégite de Lherz dont le paramètre $K = \frac{15}{N} = \frac{15}{37} = 0,40$.

Les teneurs brutes d'éléments simples présentent des écarts respectifs de quelques centièmes pour le protoxyde de fer et la potasse, 1 unité pour la silice, 3 pour la chaux, 4 pour la soude, 5 pour le sesquioxyde de fer, 7 pour l'alumine, 10 pour la magnésie; on a donc des différences importantes pour les cinq derniers éléments.

La composition normative diffère aussi sensiblement; la troctolite est plus pauvre en anorthite de 17 unités et plus riche en olivine de 21 unités; les autres chiffres ont des écarts plus faibles: l'ariégite est plus pauvre en orthose et diopside de 1 à 2 unités, plus riche en leucite et néphéline de 3 à 4 unités; de plus, l'ariégite ne comporte pas d'albite virtuelle, mais

(1) Ce groupe ne porte pas de dénomination spéciale dans l'ouvrage de M. Washington.

on doit observer que la troctolite en a fort peu (moins de 2 unités). En somme, les deux roches sont assez éloignées.

SOUS-CHAPITRE II.

FILONS DIVERS DANS LE MASSIF D'ERNÉE

INTRODUCTION.

On a énuméré au début du chapitre précédent, divers types filoniens; les uns constituent des filons nettement différenciés sur le terrain, d'autres ne sont guère que des filons présumés dont la disposition du terrain a permis seulement de délimiter les pointements. Dans ce dernier cas se trouvent le gabbro micacé du bois des Rondellières et l'andésite du château de Panard. Quelle que soit d'ailleurs leur situation sur le terrain, ces filons seront étudiés dans l'ordre où les placent leurs affinités chimiques, d'après les paramètres de la classification américaine; on examinera successivement les filons de roches basiques, puis ceux de roches acides.

A. — Andésite augitique du Moulin à Huile.

Ce filon est visible dans la tranchée du chemin de fer de l'Etat, près du kilom. 28⁸⁵⁰; son orientation est nord-sud, sa largeur 3 mètres, son pendage n'a pu être déterminé.

A l'œil nu, c'est une roche noire, à pâte très compacte, riche en pyrite.

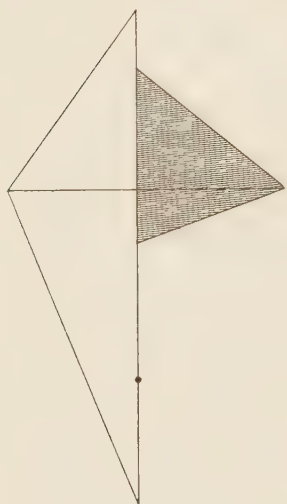
Au microscope, en lumière naturelle, on voit que la roche est criblée de magnétite et de pyrite; la magnétite se présente en microlites et en cristaux octaédriques; la pyrite forme des plages de cristaux xénomorphes; aux nicols croisés on reconnaît deux temps de consolidation : (I) des cristaux très développés d'oligoclase, orthose, pyroxène, accessoirement du quartz; (II) des microlites d'oligoclase et d'augite. Les phénocristaux dominant sur la pâte; les feldspaths y sont postérieurs aux pyroxènes. On trouve un peu de calcite secondaire due à l'altération des pyroxènes.

L'analyse effectuée par Pisani a fourni les résultats suivants:

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
51,90	13,78	0,80	11,00	4,76	6,72	4,02	1,39	3,44	0,19	2,50	100,40

Ces teneurs brutes présentent, avec les chiffres correspondants des deux gabbros normaux, des écarts faibles comme silice et protoxyde de fer : quelques dixièmes; mais les différences sont importantes pour le reste : 2 pour la soude, 4 à 6 pour la magnésie, l'alumine et le sesquioxyde de fer, 6 pour la chaux; la composition chimique de cette andésite s'écarte déjà des gabbros normaux; comme on le verra plus loin, elle est plutôt à comparer avec le microgabbro de Mauny.

La représentation graphique en triangles normaux fournit,



comme pour les gabbros précédents, un triangle feldspathique et un triangle ferro-magnésien situés de part et d'autre de l'axe des Y, avec un triangle ferro-magnésien dominant sur le triangle feldspathique; mais, contrairement aux cas précédents, la portion ferrique située du côté des ordonnées négatives, est plus développée que la portion magnésienne située du côté des ordonnées positives; en outre, la portion potassique du triangle feldspathique est plus développée que dans les gabbros précédents.

La composition normative ci-dessous est fournie par le calcul :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mog	Ilm	Total y compris la perte au feu
e	8,34	34,06	15,29	e	14,32	16,08	1,89	0,34	1,16	6,54	100,52

La comparaison avec les deux gabbros normaux montre des différences notables que les écarts de chiffres d'éléments simples faisaient pressentir. Ainsi, le gabbro normal n° 2 a beaucoup moins d'orthose (7 unités d'écart) et d'albite (19 unités), beaucoup plus d'anorthite (25 unités); par contre les chiffres de pyroxènes et d'olivine sont respectivement de même ordre; les différences sont de même sens pour le gabbro normal n° 1 qui montre 5 unités en moins pour l'orthose, 21 pour l'albite et 28 en plus pour l'anorthite; les chiffres de pyroxènes sont encore plus voisins que pour la roche précédente; par contre, le gabbro normal n° 1 a de la silice libre et n'a pas d'olivine; mais ces différences sont peu importantes en raison de la faiblesse des chiffres intéressés.

Les paramètres américains qui résultent de cette composition normative sont les suivants :

F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{an}} \text{NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} + \text{Na}^2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
57.69	57.69	40.33	1.43	0	1.45	$\frac{45}{25} = 0.23$	III {5.3.4}

La roche, au point de vue chimique, se place dans la même classe et le même ordre que le gabbro normal n° 2, le gabbro-norite n° 2, et le gabbro à olivine, elle en diffère par le rang et le subrang; toutefois le paramètre $\frac{\text{K}}{\text{N}}$ relatif au subrang est très voisin des mêmes paramètres de ces trois roches, de sorte que la différence la plus importante concerne le paramètre $\frac{\text{K}^2\text{O} + \text{Na}^2\text{O}}{(\text{CaO})}$; en particulier, ce paramètre, dans le gabbro-norite n° 2 est proche de la limite 0,60 séparative des rangs 3 et 4; on voit ainsi que l'andésite augitique du Moulin à Huile se rapproche cependant de ces trois gabbros, malgré les écarts précédemment mis en relief dans la composition réelle et la composition normative.

Les paramètres M. L. permettent de discuter aussi à d'autres égards :

Φ	τ	Ψ	U	Caradéziotiques	Fumerolle	Scorie
3,27	0,34	2,50	1,75	(IV,II) (2.2)	alcalino granitique mégaorodique	magnésienne ferrique méocalcique

K	N	C	S ^{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S ^{sal} % (2K+3n%)	An%
24	69	52	613	292	118	89	409	40,33	35,40	14,84 31

Le premier caractère de la fumerolle rapproche le magma de la troctolite, le second le rapproche des gabbros-norites; la scorie est de même type que celle du gabbro-norite n° 1; de plus, il faut observer que le paramètre Φ de l'andésite augitique est voisin de la limite 3,5 séparative des fumerolles alcalino-granitique et granito-dioritique, c'est-à-dire que la fumerolle de ce magma est voisine du type granito-dioritique; en même temps, la fumerolle tonalitique du gabbro-norite n° 2 se rapproche du type granito-dioritique: par suite, on voit que le magma de l'andésite est assez voisin de celui du gabbro-norite n° 2.

Parmi les paramètres de triangles normaux, N et S^{sal} dans le premier groupe, F, M et S_x dans le deuxième groupe, x et S^{sal} 0/0 sont de même ordre dans l'andésite augitique et dans le gabbro-norite n° 2.

En somme, l'étude des paramètres américains et des paramètres M L conduit à rapprocher, au point de vue chimique, l'andésite augitique du Moulin à Huile, du gabbro-norite n° 2.

Pour compléter cette étude, on peut rechercher dans le groupe chimique des Camptonoses de M. Washington, les roches à comparer avec cette andésite augitique :

(α) Au point de vue chimique seul, la roche la plus voisine est le n° 59, basalte de Hawaï, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{14}{64} = 0,21$; dans la [composition brute, on voit que les chiffres d'alumine, protoxyde de fer, chaux, alcalis présentent des écarts respectifs de quelques dixièmes pour les deux roches ; on compte des différences un peu plus élevées pour la magnésie (2 unités), la silice (4 unités) et le sesquioxyde de fer (9 unités). Au point de vue normatif, on trouve peu de différences : les chiffres de feldspaths sont voisins, ceux de pyroxènes sont de même ordre pour les deux roches, la quantité d'olivine virtuelle diffère d'une unité.

(β) La roche qui paraît devoir être comparée à l'andésite augitique, en tenant compte des affinités minéralogiques, est le n° 17 : hornblende-pyroxène andesit du Parc National (Amérique), dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{12}{47} = 0,25$; les teneurs brutes de cette roche en éléments simples présentent aussi des écarts faibles avec ceux de l'andésite augitique du Moulin à Huile, mais ces écarts sont plus importants que ceux du cas précédent : ainsi, la soude diffère de 1 unité ; la chaux, la magnésie et l'alumine de 2 unités, le protoxyde de fer de 7 unités ; par contre, la silice ne diffère que d'une unité, le sesquioxyde de fer de 4 unités, la potasse de 0,2 ; au point de vue normatif, les différences sont faibles ; les chiffres de feldspaths sont de même ordre, sauf pour l'albite qui présente un écart de 10 unités ; ceux de pyroxènes sont voisins : on a un écart de 2 unités pour l'hypersthène, des chiffres identiques de diopside ; par contre, la roche du Parc National comporte de la silice en excès et pas d'olivine, mais ces différences perdent de leur importance en raison de la faiblesse des chiffres respectifs de quartz (1,7) dans l'une des roches et d'olivine (1, 8) dans l'autre.

En somme, l'andésite augitique du Moulin à Huile peut être considérée comme très voisine de l'andésite à pyroxène du Parc National.

B. — Microgabbro quartzifère de Mauny.

On trouve, à la carrière de Mauny, un filon de microgabbro quartzifère, orienté nord-sud, à pendage presque vertical; sa largeur est de 20 mètres environ; sa paroi nord est accolée au granite et sa paroi sud au gabbro à olivine; il s'étend vers le sud presque jusqu'aux bords de l'Ernée (rive droite).

A l'œil nu, c'est une roche de couleur gris noirâtre, composée presque exclusivement de fins cristaux de feldspaths et de pyroxène; il y a fort peu de grands cristaux; quelques grains de pyrite macroscopique sont disséminés dans la masse.

Au microscope, on voit les grands cristaux composés en majorité de feldspaths aplatis sur g^1 (010); l'oligoclase domine; on trouve aussi quelques cristaux d'orthose; tous deux sont fréquemment groupés avec le quartz en association micropegmatique; ils sont presque tous altérés et criblés de paillettes de mica secondaire; l'augite et la pigeonite existent aussi comme cristaux du I^{er} temps; ces pyroxènes sont xénomorphes; la pigeonite est intacte; l'augite est presque toujours ouralitisée; le quartz se montre au I^{er} temps, indépendamment des associations précédemment signalées, en cristaux granulitiques. La pâte du II^e temps est composée des mêmes éléments auxquels s'ajoute une notable proportion de magnétite.

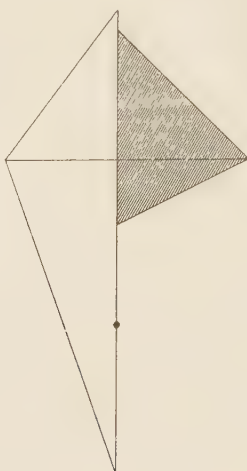
L'analyse effectuée par Pisani fournit la composition suivante :

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
52,80	13,80	2,00	10,20	3,97	6,78	3,51	1,74	3,83	0,22	1,10	99,95

Ces chiffres sont à comparer avec ceux de l'andésite du Moulin à Huile; l'alumine et la chaux présentent des écarts respectifs de 0,02; la magnésie et les alcalis: quelques dixièmes; les deux oxydes de fer et la silice: 1 unité; en somme, la composition chimique est la même pour les deux roches, une comparaison avec les gabbros normaux montre que ceux-ci s'éloignent du microgabbro de Mauny, comme de l'andésite augitique du Moulin à Huile.

La représentation graphique en triangles normaux fait ressortir les caractères communs avec l'andésite du Moulin à Huile: triangles situés de même façon, supériorité de surface du triangle ferro-magnésien sur le triangle feldspathique;

égalité presque complète des triangles feldspathiques et similitude des triangles ferro-magnésiens pour les deux roches.



Le calcul permet d'attribuer, comme il suit, les différentes teneurs en minéraux virtuels :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mog	Ilm	Total y compris la perte au feu
4,68	10,00	29,34	16,96	"	12,90	14,19	"	0,34	3,02	7,30	99,83

La comparaison avec l'andésite précédente fait ressortir de faibles écarts pour les chiffres respectifs d'anorthite et de diopside (1 unité), d'orthose et d'hypersthène (2 unités); l'écart est un peu plus grand pour l'albite (5 unités); d'autre part, le microgabbro comporte un excès de silice et n'a pas d'olivine; toutefois cet excès de silice est faible, de même que le chiffre d'olivine est insignifiant dans l'andésite : ces deux différences de composition normative s'atténuent de ce fait.

La place de ce microgabbro, dans la classification américaine, sera déduite des paramètres ci-dessous :

F	Sal	fem	Sal fem	Q _{2u} NL F	K ² O·Na ² O CaO	K N	Groupe
56,30	60,98	37,75	1,61	0,08	1,21	$\frac{18}{52} = 0,32$	III (534)

La roche se place dans le même groupe que l'andésite augitique du Moulin à Huile; à cet égard, elle présente, vis à vis des gabbros déjà étudiés, quelques-uns des caractères de rapprochement qui ont été signalés pour l'andésite : même type de classe et d'ordre; par contre, le paramètre $\frac{K}{N}$ relatif au subrang

est moins proche de celui du gabbro normal n° 2, du gabbro à olivine et du gabbro-norite n° 2 : il s'en éloigne en effet de 2 dixièmes et non plus de 1 dixième; quant au paramètre relatif au rang, il est plus voisin que l'andésite de celui du gabbro-norite n° 2; cette dernière roche étant voisine du type III (5, 3, 4-5) est à rapprocher du microgabbro considéré.

L'étude des paramètres M L permet d'envisager d'autres points de comparaison :

Φ	τ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Score				
2,75	0,49	3,35	1,79	(III.III) (3.2)	syénitique mésoodique	ferro-magnésienne mésocalcique				
K	N	C	S ^{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S ^{sal} % (2K+3n%)	An%
28	57	55	6,53	323	105	87	375	37,75	38,64	14,01 36

Le paramètre Φ , comme pour l'andésite augitique est voisin de la limite 3 qui sépare les types syénitique et alcalino-granitique, mais il est légèrement inférieur à cette limite, au lieu de lui être supérieur; comme, d'autre part, la fumerolle de l'andésite est presque du type mésosodique, l'écart étant seulement de 1 centième par rapport à la limite 0,35, on voit que la fumerolle du microgabbro se rapproche de celle de l'andésite augitique; quant à la scorie, elle ne diffère que par le paramètre Ψ ; or, celui-ci, dans le microgabbro ne dépasse que de 3 dixièmes environ la limite séparative des types ferro-magnésien et magnésien-ferrique, en sorte que la scorie est voisine de ce dernier type qui est celui de l'andésite augitique. Ainsi les deux magmas ont une fumerolle et une scorie très voisines.

Dans les paramètres de triangles normaux, ceux du premier groupe sont à peu près respectivement les mêmes pour les deux roches : les écarts respectifs sont presque tous de quelques millièmes; ceux du deuxième groupe s'écartent davantage, mais les différences respectives ne dépassent pas quelques centièmes; les chiffres x , S^{sal} 0/0, $(2k + 3n)$ 0/0 sont sensiblement de même ordre.

Ainsi, l'étude des paramètres américains et des paramètres M L permet de rapprocher, au point de vue chimique, le microgabbro de Mauny de l'andésite augitique du Moulin à Huile.

Enfin on peut, comme pour les cas précédents, examiner s'il existe dans le groupe des Gamptonoses de M. Washington des roches à comparer au microgabbro de Mauny.

(α) Au point de vue chimique seul, la roche la plus voisine est le n° 39, basalte de Nassau, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{17}{56} = 0,30$.

Pour les chiffres de teneurs brutes, on trouve des écarts respectifs de 0,02 pour la soude, 0,17 pour la potasse, 1 pour l'alumine, 1,5 pour la magnésie, 2 pour la chaux, 3 pour la silice et le sesquioxyde de fer, 4 pour le protoxyde de fer. La composition virtuelle montre plus d'écarts : le basalte de Nassau n'a pas de silice en excès, ni d'hypersthène, et comporte 5,1 d'olivine; par contre, les chiffres d'orthose, d'albite et d'anorthite sont respectivement de même ordre; des trois différences indiquées, deux sont peu importantes : celles qui concernent la silice et l'olivine, parce que les chiffres intéressés sont peu élevés; mais le défaut d'hypersthène porte sur une différence de 14 unités environ; il est la conséquence de la pauvreté du basalte en protoxyde de fer; cette insuffisance de protoxyde de fer est d'ailleurs accentuée par la formation de diopside qui est supérieur de 7 unités dans le basalte; tout compte fait, la quantité totale de pyroxènes, pour chacune des deux roches, présente assez peu d'écart (moins d'un tiers du chiffre total). En somme, les deux roches sont voisines au point de vue chimique.

(β) Le groupe ne comporte ni microgabbro quartzifère, ni gabbro quartzifère; aucune comparaison n'est donc possible avec des roches de composition minéralogique analogue.

C. — Diabase à biotite du bois des Rondellières.

La diabase à biotite a été recueillie sur une éminence du bois des Rondellières, en bordure de la voie ferrée; la végétation n'a pas permis de délimiter le pointement intéressé.

Au point de vue macroscopique, c'est une roche ophitique noirâtre, tachetée d'aiguilles blanchâtres de feldspaths et criblée de mica noir; l'abondance de la biotite est telle que l'on peut considérer ce type comme un passage à la kersantite.

Au microscope, on reconnaît que la roche est composée de feldspaths plagioclases, dans la proportion d'un tiers environ, de biotite, pyroxène, amphibole, quartz et magnétite pour le reste; la biotite compte pour plus d'un tiers; les autres minéraux sont à peu près aussi répandus les uns que les autres.

Le plagioclase est une andésine à 42 0/0, aplati et allongé suivant g^1 (010); les formes sont souvent géométriques; quelques cristaux sont zonés; alors le feldspath le plus acide

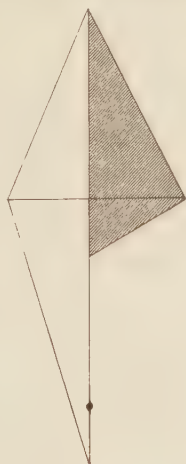
(andésine à 40 0/0) se trouve au centre; quelques macles de l'albite sont tordues : la roche a donc subi des phénomènes dynamiques; la biotite est en cristaux développés, généralement de plus grande taille que les feldspaths; elle moule tous les autres minéraux, même le quartz; elle présente quelques inclusions d'apatite. Les pyroxènes sont de l'augite et de l'hypersthène; ce dernier prédomine et se montre en cristaux volumineux; les deux pyroxènes moulent les feldspaths; donnant ainsi à la roche la structure ophitique. La hornblende présente des macles polysynthétiques suivant h^1 (100); elle paraît être un produit d'altération de l'hypersthène. En somme, l'abondance de cristaux de pyroxène rhombique conduit à considérer cette diabase micacée comme un terme de passage aux gabbros-norites.

L'analyse de cette diabase effectuée par Pisani a donné les résultats ci-après :

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
56,50	15,20	1,60	7,20	5,15	7,28	2,60	1,52	1,62	0,07	0,95	99,69

Ces chiffres sont à comparer avec ceux du gabbro-norite n° 1; ils présentent avec ceux-ci des écarts respectifs de quelques dixièmes pour la magnésie, la chaux et la soude; d'une unité environ pour le sesquioxyde de fer et la potasse, de 2 unités pour la silice, l'alumine et le protoxyde de fer. Ainsi, les deux roches ont une composition chimique voisine; elles diffèrent cependant au point de vue minéralogique : le gabbro-norite est plus riche en pyroxène rhombique, la diabase plus riche en biotite; dans la première, les éléments fer et magnésie se sont portés sur le pyroxène, tandis que, dans la seconde, ils ont servi à la constitution du mica noir; ce sont deux roches voisines au point de vue chimique, mais présentant une combinaison différente d'éléments cristallins.

La représentation graphique en triangles normaux met en évidence une différence nette avec le gabbro-norite n° 1 : le triangle ferro-magnésien est beaucoup plus développé que pour cette dernière roche; cela tient à ce que la quantité de chaux non feldspathisable portée en abscisse négative est plus grande dans la diabase moins riche



en alumine et, par suite, moins riche en chaux feldspathisable. En outre, le triangle feldspathique diffère sensiblement. Le diagramme de cette diabase, par contre, se rapproche davantage de celui des gabbros normaux et du gabbro-norite n° 2.

La répartition en minéraux virtuels fournit la composition normative suivante :

Q	Or	Al	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
10,44	8,90	22,01	25,30	"	8,87	17,79	"	"	2,32	3,04	99,62

Ici, les écarts avec le gabbro-norite n° 1, mis en relief par la représentation graphique précédente, se montrent plus nettement pour les feldspaths : la diabase a plus d'orthose (6 unités d'excès) et d'albite (4 unités d'excès), moins d'anorthite (11 unités de différence); pour les pyroxènes, bien que la teneur totale soit voisine, on voit que la diabase a plus de diopside (8 unités d'excès) et moins d'hypersthène (11 unités d'écart); la principale cause de ces différences pour l'anorthite et les pyroxènes, est due à la pauvreté de la diabase en alumine. La composition normative précédente conduit aux paramètres américains ci-dessous :

F	Sal	fem	Sal fem	Q ₉₀ NL F	K ² O-Na ² O CaO	K N	Groupes
56,21	66,66	32,02	2,08	0,18	0,63	$\frac{16}{42} = 0,38$	II (4.3.4.)

Ces paramètres rapprochent la diabase du gabbro-norite n° 1 caractérisé par le type II (4. 4. 4-5); les deux roches ne diffèrent que par le rang et le subrang; encore, faut-il observer que le troisième paramètre est très voisin de la limite 0,60 séparative des rangs 3 et 4; il s'en faut de quelques centièmes seulement que la diabase ne soit pas placée dans le rang 4;

quant au paramètre $\frac{K}{N}$ il placerait la diabase dans le sub-rang 4-5 si celle-ci appartenait au rang 4; on voit donc que le gabbro-norite et la diabase micacée constituent des roches voisines au point de vue chimique.

L'étude des paramètres M L fournit d'autres renseignements :

Φ	τ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumivolle	Score					
3,89	0,58	1,71	1,20	(V. IV) (2.2)	granito dioritique mesoprotasique	magnésienne ferrique mésocalcique					
K	N	C	Ssal	F	M	C'	Sx	x%	Ssal%	(2K+3n%)	An%
22	39	76	632	266	155	66	432	32.02	42.24	14.84	53

C'est la même scorie que pour le gabbro-norite n° 1; la fumerolle des magmas des deux roches diffère; mais le paramètre Φ de la diabase est presque aussi proche de la limite 4,5 des types tonalitique et granito-dioritique, que le paramètre Φ du gabbro-norite; quant au paramètre r , quoique très proche de la limite 0,55 séparative des types mésopotassique et mésosodique, il est assez différent de celui du gabbro-norite n° 1 (0,23) correspondant à un type mégasodique.

Parmi les paramètres de triangles normaux, K et S^{sal} dans le premier groupe, F , M et S_x dans le deuxième groupe, fournissent des chiffres de même ordre pour la diabase et le gabbro-norite. Mais c'est notablement différent, ainsi que les discussions précédentes le faisaient prévoir; le chiffre x est le même dans les deux cas; S^{sal} 0/0 et $(2k + 3n)$ 0/0 sont de même ordre.

Enfin, on peut rechercher, dans le groupe chimique des Tonaloses de M. Washington, s'il existe des roches à comparer à la diabase micacée des Rondellières.

(α) Au point de vue chimique seul, la roche la plus proche est le n° 86 : porphyroïde de Finlande, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{16}{41} = 0,38$.

Les teneurs brutes montrent les différences respectives avec celles de la diabase : quelques centièmes pour les alcalis, quelques dixièmes pour l'alumine, le sesquioxyde de fer et la chaux; 2,6 pour la magnésie, 4 pour le protoxyde de fer, 9 pour la silice : ces deux dernières seules sont importantes.

La composition normative fournit respectivement des chiffres égaux ou voisins pour les feldspaths avec 1 unité comme écart maximum; le diopside est inférieur de 2 unités, l'hypersthène de 10 unités et le quartz supérieur de 16 unités dans la porphyroïde : ces dernières différences sont la conséquence des écarts de teneurs brutes signalées pour le fer, la magnésie et la silice.

(β) On ne trouve pas de diabase micacée dans le groupe considéré; une diorite micacée à pyroxène du Parc du Yellowstone (n° 14) dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{13}{48} = 0,27$ est à comparer avec la diabase micacée des Rondellières; la composition réelle en éléments simples dans cette diorite micacée présente peu d'écarts avec la diabase : ce sont, respectivement, quelques dixièmes pour la silice, la chaux et les alcalis, une unité environ pour la magnésie et l'alumine, 3 unités pour

chacun des deux oxydes de fer. La composition normative fournit respectivement des chiffres identiques pour le quartz, des chiffres voisins pour les feldspaths (2 à 3 unités d'écart); la totalité des pyroxènes est la même pour les deux roches, mais la diorite a 7 unités en moins de diopside et 7 unités en plus d'hypersthène. Cette différence, peu importante d'ailleurs, entre les deux compositions normatives, est due à ce que la diorite est un peu moins riche en alumine : elle a, par suite, moins d'anorthite, d'où une disponibilité plus élevée de chaux non feldspathisable utilisée pour la constitution de diopside virtuel; la supériorité du chiffre de diopside a pour conséquence une plus grande consommation de magnésie, ce qui diminue la teneur en hypersthène.

D. — Microdiorite du Mont de Vahais.

Le filon de microdiorite du mont de Vahais se trouve au voisinage du filon de microgabbro de Mauny; il est en contact avec le granite; son orientation est nord-ouest — sud-est; son pendage est presque vertical; sa largeur est de 10 mètres; il a pu être reconnu sur une longueur de 100 mètres.

A l'œil nu, la roche a l'aspect nettement porphyrique; on y voit de grands cristaux blanchâtres de feldspaths, très nombreux, de 3 m/m de dimensions moyennes, dans une pâte grisâtre parsemée de nombreux grains de pyrite.

Au microscope, on reconnaît au 1^{er} temps des cristaux xénomorphes d'albite et des plages de quartz, la pâte du II^e temps comporte un agrégat de cristaux d'oligoclase et de hornblende; les premiers sont aplatis sur g^1 (010), presque microlitiques, les seconds sont allongés suivant h^1 (100).

L'analyse faite par Pisani fournit les résultats ci-dessous :

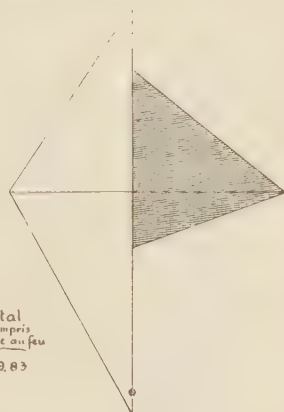
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
60,10	14,40	0,87	5,73	5,10	5,85	4,15	1,55	0,63	0,05	1,70	100,13

Ces chiffres sont à comparer avec ceux de la diabase des Rondellières : ils présentent, respectivement, avec ceux de cette diabase, un écart de quelques centièmes pour la potasse et la magnésie, d'une unité environ pour l'alumine, les deux oxydes de fer, la chaux et la soude, de 4 unités pour la silice; ainsi, les deux roches ont une composition chimique voisine.

La représentation graphique en triangles normaux donne

des triangles feldspathique et ferro-magnésien disposés de manière analogue pour les deux roches; toutefois ce dernier occupe une surface presque double de celle du triangle feldspathique, tandis que pour la diabase, le triangle ferro-magnésien ne l'emporte guère que d'un tiers, comme superficie sur le triangle feldspathique.

La composition normative répartit comme il suit les minéraux virtuels :



Q	Or	Ab	An	Ca	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
8,88	8,89	35,11	16,12	"	10,45	16,30	"	"	1,16	1,22	99,83

Le chiffre d'orthose est le même que pour la diabase des Rondellières; ceux de diopside, hypsthène et quartz présentent avec cette roche des écarts respectifs de 1,5 environ; deux différences importantes se montrent pour l'albite (13 unités d'écart) et l'anorthite (9 unités d'écart); la première différence est la conséquence des écarts de teneur en soude dans les deux roches; la seconde est due surtout à la supériorité du chiffre d'alumine dans la diabase.

Les paramètres américains seront les suivants :

F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Qan NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} \cdot \text{Na}^2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
60,12	69,00	29,13	2,36	0,147	1,44	$\frac{16}{67} = 0,23$	II (4 3.4)

La microdiorite est ainsi classée dans le même groupe que la diabase des Rondellières; en outre, le paramètre $\frac{\text{Q}}{\text{F}}$ est très voisin de la limite 0,142 qui sépare les ordres 4 et 5; la microdiorite est très proche du groupe II (5. 3. 4); elle se rapproche donc de la diorite de la Germionnière, ainsi qu'on le verra plus loin.

Les paramètres M L permettent de continuer cette étude :

Φ	z	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scotie					
2,94	0,37	1,29	1,12	(III.III) (1.2)	dyénitique mésocalcique	magnésienne mésocalcique					
K	N	C	Ssal	F	M	C'	Sx	x%	Ssal%	(2K+3n%)	An%
22	60	47	662	260	175	89	492	29,13	45,72	15,55	31

Ce résultat met en évidence le premier caractère commun avec le magma de la diabase, c'est le type mésocalcique de la scorie; il convient d'en ajouter d'autres: en effet, le paramètre Ψ' de la microdiorite est voisin de la limite 1,5 séparative des types magnésien et magnésien-ferrique de scorie; la diabase ayant une scorie de ce dernier type se rapproche sous ce rapport de la scorie du magma de la microdiorite; quant à la fumerolle, par son paramètre Φ , elle se rapproche à peu près également pour les deux roches, du type alcalino-granitique; en outre, le paramètre r de la diabase est voisin de la limite 0,55 séparative des types mésopotassique et mésosodique: le type est donc voisin du type mésosodique auquel appartient la microdiorite.

Quant aux paramètres de triangles normaux, ils présentent respectivement pour les deux roches considérées des écarts assez faibles: 0,02 au maximum dans le 1^{er} groupe, 0,06 au maximum dans le 2^e groupe; les chiffres x , $S^{\text{sal}} 0/0$, $(2k + 3n) 0/0$ sont respectivement de même ordre.

On peut finalement rechercher dans le groupe chimique des Tonaloses de M. Washington les roches à comparer avec la microdiorite du mont de Vahais:

(α) Au point de vue purement chimique, la roche la plus voisine est le n° 42: hypersthène-andésite des Monts Shasta (Californie) dont le rapport $\frac{K}{N} = \frac{16}{67} = 0,23$.

Les teneurs brutes d'éléments simples montrent dans les deux roches à comparer, des écarts respectifs de quelques dixièmes pour la chaux et les alcalis, 1 unité pour le protoxyde de fer, 2 pour la silice, 3 pour l'alumine et la magnésie: on voit ainsi pour ces deux derniers éléments une différence appréciable. La composition normative présente peu d'écarts respectifs pour l'orthose, l'albite et l'hypersthène (de zéro à 2 unités); l'andésite de Californie a un peu plus de quartz virtuel (4 unités d'excès), beaucoup plus d'anorthite (9 unités d'excès) beaucoup moins de diopside (9 unités). Ces deux dernières différences sont la conséquence de la supériorité du chiffre d'alumine dans l'andésite: cette supériorité conduit à un chiffre plus élevé d'anorthite, dont la chaux consommée diminue la disponibilité de cet élément pour la constitution de diopside virtuel.

(β) Les nombreuses diorites du groupe ont un paramètre $\frac{K}{N}$ généralement supérieur à 0,3; l'une d'elles, cependant, n° 52,

quartz-diorite de Californie est à comparer avec la roche du Mont de Vahais; son paramètre $\frac{K}{N} = \frac{14}{63} = 0,22$. Les chiffres bruts d'éléments simples, comparés à ceux de cette microdiorite, ont des écarts respectifs de quelques dixièmes pour la silice, la chaux et les alcalis, 1,5 pour la magnésie, 2 pour le sesquioxyde de fer, 3 pour l'alumine et le protoxyde de fer; la composition normative montre que la diorite de Californie présente quelques différences de chiffres en minéraux virtuels, par rapport à la microdiorite du mont de Vahais, ce sont respectivement : un excès de 5 unités pour le quartz et 9 pour l'anorthite, un défaut d'une unité pour l'orthose, 2 pour l'albite, 4 pour le diopside, 9 pour l'hypersthène; la supériorité en alumine entraîne donc un excès d'anorthite et un défaut de diopside; l'infériorité des chiffres ($\text{FeO} + \text{MgO}$) chez la diorite de Californie a pour conséquence un défaut d'hypersthène.

E. Diorite quartzifère de la Germionnière.

Ce filon est visible dans la tranchée du chemin de fer, au kilomètre 29, près de la Germionnière; il a 0^m,50 de largeur; son orientation est presque nord-sud; son pendage est de 60° vers le sud.

Au point de vue macroscopique, la roche diffère peu du gabbro; elle est seulement de teinte plus claire; le quartz se montre en grandes plages; l'amphibole fibreuse a un éclat bronzé.

Au microscope, on reconnaît que les feldspaths constituent plus des trois quarts de la totalité des éléments; ils se présentent en cristaux xénomorphes, très développés, quelquefois zonés; dans ce dernier cas, la partie la plus basique est au centre; ainsi, on trouve par exemple du labrador au centre, de l'andésine basique à la périphérie; l'écart entre les deux extinctions est de 14°. Quelques feldspaths vont jusqu'à la bytownite. L'altération de ces minéraux est presque constante.

L'amphibole comporte deux variétés : l'une jaune clair, presque incolore, se présente en grands cristaux xénomorphes, à inclusions fréquentes, à macles polysynthétiques : c'est une hornblende; l'autre est incolore, fibreuse, à allongement positif, extinction voisine de 0°; elle peut être confondue avec l'actinote ou la cummingtonite; pour une diagnose convenable, il a fallu employer une liqueur dense (tétrabromure d'acétylène) afin de séparer l'amphibole, traiter le minéral d'abord

par l'acide fluorhydrique à chaud, et ensuite par l'acide sulfurique; la réaction microchimique a fourni seulement quelques cristaux de gypse indiquant une amphibole voisine de la cummingtonite.

Le mica est fréquent : c'est de la biotite, généralement altérée en muscovite.

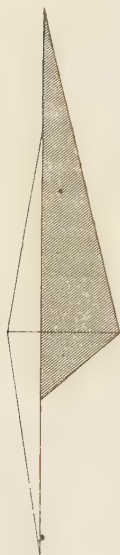
Le quartz existe en proportion faible : ce sont des plages moulant les feldspaths.

Le dernier minéral cristallisé est de la magnétite.

L'analyse faite par Pisani donne la composition suivante :

SiO_2	Al_2O_3	Fe^2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
49,24	21,70	1,02	5,40	5,56	9,70	2,12	1,82	0,41	„	2,95	99,92

La roche est moins riche en silice que les filons déjà étudiés, mais plus riche en alumine et en chaux; elle est à comparer avec le gabbro normal n° 1 (de la Germinonnière); les teneurs respectives des deux roches diffèrent de quelques dixièmes en magnésie et soude, 1 unité pour le sesquioxyde de fer et la potasse, 2 unités en alumine, protoxyde de fer et chaux, 3 unités pour la silice : en somme, les compositions chimiques des deux roches se rapprochent, mais on ne doit pas perdre de vue que l'écart relatif à la potasse est assez important en raison du rôle des feldspaths dans la classification.



La représentation graphique en triangles normaux montre quelque analogie avec le gabbro normal n° 1, en ce qui concerne les positions respectives des sommets de triangles sur l'axe des Y, mais on voit une différence nette pour les superficies : le triangle feldspathique est plus étendu que le triangle ferromagnésien, contrairement à ce qui se produit pour le gabbro normal n° 1.

Le calcul permet de constituer la composition normative suivante :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
„	10,56	17,82	44,48	„	2,94	13,68	5,26	„	1,39	0,76	99,84

Si l'on compare avec le gabbro normal n° 1, on trouve des différences assez nombreuses; d'abord, les minéraux virtuels ne

sont pas les mêmes pour les deux roches; on trouve en effet un excès de silice dans le gabbro normal et pas d'olivine; l'excès de silice est faible, il est vrai (3 unités environ), de sorte que cette différence s'atténue, mais le chiffre d'olivine dans la diorite est plus important; cette seconde différence n'est pas négligeable; en outre, les teneurs respectives de minéraux communs aux deux roches montrent un écart important pour l'orthose (7 unités) le diopside (11 unités) l'hypersthène (6 unités); par contre les chiffres respectifs d'albite et d'anorthite sont de même ordre. L'écart relatif à l'orthose s'explique par celui des teneurs en potasse dans les deux roches; celui qui concerne le diopside est la conséquence de la différence de teneurs en chaux; celui d'hypersthène provient de la différence des chiffres ($\text{FeO} + \text{MgO}$); en somme, les compositions normatives s'écartent sensiblement.

Le classement de la roche, dans les groupes américains, est fourni par les paramètres :

$\frac{F}{\text{F}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{Sal}}$	$\frac{\text{Fem}}{\text{Fem}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$	$\frac{\text{Qz} + \text{NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} \cdot \text{Na}^2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
72,86	72,86	24,03	3,03	0	0,33	$\frac{49}{34} = 0,56$	II (5, 4, 4/5)

La diorite de la Germionnière se place ainsi dans le même groupe que le gabbro normal n° 1 de la Germionnière; toutefois, on doit observer que le gabbro normal n° 1 est très proche du groupe III (5. 4. 4-5) où se classent le gabbro normal n° 2, le gabbro à olivine et le gabbro-norite n° 2, tandis que la diorite est très proche du groupe II (5. 4. 2-3) puisque son paramètre $\frac{\text{K}}{\text{N}}$ est peu différent de la limite 0,60 séparative des subrangs (2-3) et (4-5).

Les paramètres M L permettent de présenter d'autres observations :

ϕ	τ	ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Score					
3,82	0,85	1,15	0,66	(V, IV) (1, 1)	granito dioritique méso-potassique	magnésienne méga-calcique					
K	N	C	S _{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S _{sal} % (2K+3n%)	An%	
24	29	122	525	267	231	30	456	24,03	58,28	10	71

La scorie est de même type que celle des deux gabbros normaux; la fumerolle diffère de celle du gabbro normal n° 1 qui est du type (VI, III), cette fumerolle est de même type que celle de la diabase à biotite des Rondellières; de

plus, le paramètre r étant très voisin de la limite 0,90 séparative des types V et IV, la fumerolle se rapproche du type mégapotassique.

Dans les paramètres de triangles normaux, la majorité de ceux du 1^{er} groupe : N, C, S^{sal} ont des chiffres respectivement identiques ou différant de quelques millièmes, pour la diorite et le gabbro normal n° 1 ; les paramètres du 2^e groupe sont de même ordre pour les deux roches, mais les écarts respectifs vont jusqu'à quelques centièmes ; le chiffre S^{sal} 0/0 est peu différent pour les deux roches.

Enfin, si l'on recherche dans le groupe chimique des Hessoses de M. Washington, les roches à comparer avec la diorite de la Germionnière, on trouve deux roches intéressantes : (α) au point de vue chimique seul, la roche n° 33, basalte du

Nevada dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{19}{33} = 0,57$.

La composition chimique réelle de cette dernière roche montre, pour la majorité des éléments simples, des différences respectives faibles avec la diorite de la Germionnière : quelques centièmes pour la soude, quelques dixièmes pour la magnésie, la chaux et la potasse ; 1 unité pour la silice ; pour les autres éléments, les écarts respectifs, bien que peu élevés, sont appréciables : 3 pour l'alumine et le protoxyde de fer, 5 pour le sesquioxyde de fer.

La composition normative fournit des chiffres respectivement très voisins dans les deux roches pour l'orthose et l'albite : l'écart est nul ou de quelques dixièmes ; l'anorthite est légèrement inférieure (de 5 unités) dans le basalte ; le chiffre total de pyroxènes est le même pour les deux roches, mais le basalte donne un excès de 4 unités pour le diopside et un défaut de 4 unités pour l'hypersthène ; en outre, le basalte a un léger excès de silice : 3,8 qu'on ne trouve pas dans la diorite de la Germionnière ; cette différence est sans importance.

(β) Au point de vue minéralogique, la mica-diorite de Valbonne (Pyrénées) (roche n° 42), dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{19}{37} = 0,51$, est voisine de la diorite de la Germionnière ; dans les chiffres de teneurs brutes, tous les éléments, sauf le sesquioxyde de fer, diffèrent respectivement de quelques dixièmes : ainsi les écarts sont de 0,1 pour la potasse, 0,2 pour la soude, 0,4 pour la silice, l'alumine et la chaux, 0,5 pour le protoxyde de fer, 0,6 pour la magnésie ; l'écart pour le sesquioxyde de fer est de 2 unités.

Dans la composition normative, on trouve des chiffres respectivement identiques pour l'orthose, l'albite et l'anorthite; les chiffres de diopside et d'hypersthène sont respectivement différents d'une unité pour les deux roches; celui d'olivine diffère de 1,6.

Ainsi les deux diorites de Valbonne et d'Ernée sont des roches presque identiques au point de vue chimique; ce sont en outre des roches comparables au point de vue minéralogique.

(F). Andésite du château de Panard.

Cette roche a été recueillie auprès du sentier qui reliait les châteaux de Panard et de Vahais, à la bordure sud-est du massif gabbroïque; elle semble constituer un filon que le voisinage à pic de la rive de l'Ernée n'a pas permis de reconnaître davantage.

A l'œil nu, la roche a l'aspect porphyrique : les feldspaths blancs, en grands cristaux de 1^m/m à 5^m/m, se détachent nettement sur une pâte verdâtre.

Au microscope, on voit au I^{er} temps, des phénocristaux d'oligoclase et d'albite à formes géométriques; au II^e temps; une pâte de microlites d'oligoclase; les microlites sont intacts, tandis que les phénocristaux sont généralement altérés et transformés en calcite.

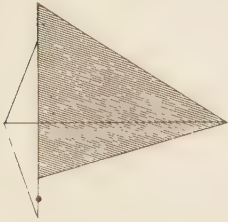
L'analyse de cette roche, effectuée par Pisani, a donné les résultats ci-dessous :

SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total	CO ²
64,00	15,80	„	3,24	2,17	4,17	5,10	1,49	0,64	0,06	0,60	100,57	3,30

Ces chiffres, comparés à ceux de l'andésite du Moulin à Huile, font ressortir des écarts notables entre les deux roches; la 1^{re} est plus riche en protoxyde de fer de 8 unités, en magnésie et chaux de 2,5, plus pauvre en silice de 12 unités et en alumine de 2 unités. La composition de l'andésite de Panard se rapproche plutôt de celle de la microdiorite de Vahais, bien que cette dernière roche ait du sesquioxyde de fer, et pas d'acide carbonique; il est bon d'observer d'ailleurs que la différence relative au sesquioxyde de fer ne porte même pas sur une unité; quant à l'acide carbonique de l'andésite, il provient de la calcite due à l'altération des phénocristaux de feldspaths. Quoi qu'il en soit, on remarque des écarts respectifs asse

faibles entre les éléments des deux roches : quelques centièmes pour la potasse, quelques dixièmes pour la chaux et la soude, 1 unité pour l'alumine, 2 pour le protoxyde de fer, 3 pour la magnésie, 4 pour la silice : ce sont deux compositions chimiques assez peu différentes.

La représentation graphique en triangles normaux montre une analogie entre ces deux roches : c'est l'accolement, par la



base, de deux triangles dont l'un, triangle feldspathique, est allongé suivant le sens des abscisses positives, tandis que l'autre, triangle ferro-magnésien, est aplati suivant le sens des abscisses négatives; en outre, dans le triangle feldspathique des deux roches, la portion située du côté des ordonnées

positives est presque double de celle qui est située du côté des ordonnées négatives; par contre, le triangle ferro-magnésien est bien moins développé dans l'andésite que dans la microdiorite : sa superficie dans cette dernière est quadruple de celle que l'on trouve dans l'andésite alors que la superficie du triangle feldspathique est sensiblement la même dans les deux cas.

La composition normative varie suivant qu'on opère les calculs en négligeant la teneur en acide carbonique, ou bien en comptant l'acide carbonique pour former de la calcite virtuelle, ou bien en comptant les 74 molécules d'acide carbonique comme molécules de silice. Les chiffres obtenus dans les trois modes, sont les suivants :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu	Calcite
15,42	8,89	42,97	15,85	"	3,89	8,36	"	"	"	1,22	97,20	
23,28	8,89	42,97	"	5,81	"	10,28	"	"	"	1,22	100,15	7,50
19,80	8,89	42,97	15,85	"	3,89	8,36	"	"	"	1,22	101,58	

On voit de suite que la 1^{re} et la 3^{me} compositions diffèrent seulement par le chiffre de silice libre; la 3^e comportant 4,4 de quartz virtuel de plus que la 1^{re}; la 2^e s'écarte nettement des deux autres par le défaut complet d'anorthite et de diopside, la présence de corindon et de calcite, une teneur plus élevée en quartz et hypersthène.

La 1^{re} et la 3^e compositions normatives sont à comparer avec celle de la microdiorite; cette dernière comporte les écarts respectifs suivants avec les deux autres : zéro pour

l'orthose, 0,3 pour l'anorthite, 6 pour le diopside, 7 pour l'albite, 8 pour l'hypersthène; la différence de quartz est 7 unités avec la 1^{re} et 11 avec la seconde. Sans être voisines, les trois compositions présentent en somme, sauf pour les pyroxènes, des écarts faibles en comparaison des chiffres de teneur minéraux intéressés.

La 2^e composition est à comparer avec celle de la micropegmatite de la Bondie, étudiée dans les roches de la famille des granites; toutefois, cette dernière n'a pas de calcite virtuelle et comporte de l'anorthite; il est vrai que ce dernier minéral virtuel compte pour un peu plus d'une unité seulement, ce qui atténue la différence; les écarts respectifs, pour ces deux roches, sont de 1 unité pour le corindon, 2 pour l'hypersthène, 3 pour le quartz, 4 pour l'orthose, 5 pour l'albite : en somme, les compositions normatives sont assez voisines, mais avec la restriction faite relativement à l'absence de calcite virtuelle dans la roche de la Bondie.

Les paramètres américains relatifs aux trois compositions normatives fournissent les classements ci-dessous :

F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{an}} \text{N}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
67,71	83,13	13,47	6,12	0,22	1,71	$\frac{16}{82} = 0,19$	II (4. 2. 4)
51,86	80,95	11,50	7,03	0,44	∞	$\frac{16}{82} = 0,19$	I (4 1 4)
67,71	87,51	13,47	6,49	0,29	1,71	$\frac{16}{82} = 0,19$	II (4 2. 4)

Ainsi, la 1^{re} et la 3^e compositions conduisent à un groupe identique assez voisin de la microdiorite de Vahais dont les caractéristiques sont II (4. 3. 4); les deux roches ne diffèrent que par le chiffre du rang; encore faut-il observer que, pour les

deux roches, le paramètre $\frac{\text{K}^2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{(\text{CaO})}$ est très proche de la limite 1,66 séparative des rangs 2 et 3.

Le groupe qui résulte de la 2^e composition s'éloigne du groupe des deux autres compositions normatives par les chiffres de classe et de rang ; cependant le paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ est fort voisin de la limite 7,00 séparative des classes I et II, de sorte que la différence la plus marquante entre les deux groupes est

fournie par le paramètre $\frac{\text{K}^2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}}{(\text{CaO})}$.

Les paramètres M L seront, pour les trois cas considérés :

Φ	z	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie
3,14	0,40	1,49	0,77	(IV.III) (1.1)	alcalino granitique mésosodique	magnésienne mégacalcique
3,20	0,40	1,49	0,77	(IV.III) (1.1)	alcalino granitique mésosodique	magnésienne mégacalcique
3,38	0,40	1,49	0,77	(IV.III) (1.1)	alcalino granitique mésosodique	magnésienne mégacalcique

K	N	C	S ^{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S ^{sal} %	(2K+3n%)	An%
17	61	38	692	241	161	74	481	13,47	57,54	18,28	27
18	69	51	723	281	188	0	475	11,50	58,56	18,28	0
17	58	36	707	241	161	74	481	13,47	61,92	18,28	27

Le magma se rapproche de celui de la microdiorite de Vahais qui comporte les caractéristiques (III, III) (1. 2), avec toutefois une différence pour les caractéristiques fournies par les paramètres Φ et U ; mais, il convient d'observer que, dans la microdiorite, le paramètre Φ est très proche de la limite 3.00 séparative des types III et IV; par suite, la fumerolle de cette microdiorite est presque alcalino-granitique; de même, la fumerolle de l'andésite de Panard est presque syénitique; quant à la scorie de la microdiorite, elle est voisine du type mégacalcique puisque son paramètre U diffère que par un dixième environ de la limite 1,00 séparative des types 1 et 2.

Quant aux autres paramètres, ils présentent tous respectivement des chiffres voisins pour l'andésite et la microdiorite, sauf les paramètres x et S^{sal} 0/0; ainsi, ceux des triangles normaux du 1^{er} groupe diffèrent respectivement de quelques millièmes, sauf S^{sal} qui diffère de quelques centièmes; les paramètres du 2^e groupe ont des écarts respectifs de quelques centièmes.

On peut rechercher dans les groupes chimiques de M. Washington, les roches comparables à l'andésite de Panard, d'abord dans le groupe des Dacoses correspondant au groupe qui résulte des 1^e et 3^e compositions normatives, ensuite dans celui des Kallerudoses correspondant au groupe qui provient du 2^e mode de calcul.

1^{er} groupe. (a) Au point de vue chimique seul, la roche la plus proche est le n° 1, granite d'Ontario, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{13}{84} = 0,16$.

Dans les chiffres de teneurs brutes, les écarts respectifs, pour les deux roches considérées, sont de 0,1 à 0,2 pour la chaux et les alcalis, 1 unité pour la magnésie, 2 pour le pro-

toxyde de fer et l'alumine, 4 pour la silice; en somme, les teneurs d'éléments simples sont voisines.

Dans la composition normative, les différences respectives sont de 1 à 2 unités pour l'orthose, l'albite et l'hypersthène, 4 à 5 unités pour le quartz, l'anorthite et le diopside; le granite a un peu moins d'anorthite parce qu'il est un peu plus pauvre en alumine; l'infériorité du chiffre de diopside est la conséquence de ce léger excès d'anorthite; ainsi, les compositions normatives sont voisines.

(β) Une autre roche, de même structure minéralogique que celle de Panard, l'andésite n° 11, de Patagonie, comporte un paramètre de même ordre $\frac{K}{N} = \frac{19}{79} = 0,24$.

Pour les chiffres d'éléments simples, les écarts respectifs sont de quelques dixièmes pour tous les éléments sauf l'alumine et le protoxyde de fer, où les différences respectives sont de 3 et 2 unités; en outre, l'andésite de Patagonie comporte du sesquioxyde de fer en quantité notable : 6,41; les compositions réelles, quoique voisines, diffèrent plus que dans le cas du granite précédent.

Les chiffres de minéraux virtuels ont aussi des écarts respectifs plus élevés : de 1 à 3 pour l'orthose et l'albite, 5 pour le quartz, 9 pour l'anorthite; l'écart est seulement de 3 pour le diopside; l'on compte 2,2 de wollastonite qu'on ne trouve pas dans la roche de Panard; en outre, il n'y a pas d'hypersthène virtuel; ainsi les différences sont plus importantes encore que dans le cas du granite d'Ontario.

2^e groupe. (α) La roche la plus voisine est le n° 11, aporhyolite de Pensylvanie, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{29}{89} = 0,32$.

Les teneurs d'éléments simples présentent pour cette roche et l'andésite de Panard, des écarts respectifs de 0,4 pour la soude, 1 unité pour la potasse, 2 pour la magnésie, 3 pour le sesquioxyde de fer, le protoxyde de fer et la chaux, 4 pour l'alumine, 12 pour la silice : en somme, les deux teneurs brutes diffèrent notablement en alumine et silice.

La composition normative indique que l'aporhyolite est en excès de 10 unités pour le quartz, 8 pour l'orthose, 2 pour l'albite; en outre, cette roche a un peu de diopside (0,4), d'acmite (1,8) de wollastonite (1,0); elle n'a pas de corindon, d'hypersthène ni de calcite : on trouve donc des écarts notables pour les chiffres de silice libre, orthose, corindon, hypersthène et calcite.

Ainsi, dans le groupe chimique considéré, la roche la plus proche de l'andésite de Panard en diffère sensiblement.

(β) Il n'y a pas d'andésite dans le groupe des Kallerudoses.

Enfin, il peut être intéressant d'observer que l'on trouve, dans les porphyres pétrosiliceux précédemment étudiés, une roche appartenant au même groupe que l'andésite de Panard : c'est le porphyre pétrosiliceux de Bonne; comme teneurs brutes, cette roche présente aussi des écarts importants avec l'andésite : un excès de 12 unités pour la silice, un défaut de 4 pour l'alumine, 3,5 pour la chaux.

La comparaison des compositions normatives fait ressortir chez le porphyre de Bonne un excès de 10 unités pour le quartz, 8 pour l'orthose, un défaut de 3 unités pour l'albite, 5 pour l'hypersthène; en outre, le porphyre de Bonne n'a pas de corindon ni de calcite, mais compte un peu d'anorthite (1,67) et de diopside (1,21).

En somme, le mode de calcul adopté qui consiste à compter la chaux pour la constitution de calcite virtuelle, introduit une cause de divergence appréciable parce que cette chaux virtuelle ne joue pas dans l'évaluation des paramètres; il conduit, en fait, à placer l'andésite de Panard dans un groupe chimique où se trouvent des roches qui n'ont avec elle aucune liaison minéralogique ni même chimique. Le seul classement qui semble convenable est celui qui résulte du mode de calcul habituellement adopté. On a vu plus haut que ce dernier conduit à classer l'andésite dans le groupe II (4. 2. 4).

G. — Granulites des Rondellières et de la gare d'Ernée.

La granulite reconnue aux Rondellières, par M. Œhlert, est constituée principalement, d'après l'examen microscopique, de quartz granulitique et d'orthose; accessoirement, on y trouve quelques plagioclases où l'albite prédomine, un peu de mica blanc et de mica noir, quelques cristaux de tourmaline. L'orthose est plus abondante que le quartz, en cristaux volumineux, xénomorphes, faculés d'albite secondaire; la tourmaline est en cristaux développés, allongés suivant la zone du prisme c^2 (10 $\bar{1}0$).

Une granulite reconnue près de la gare d'Ernée par M. Œhlert, contient de la pinite; la roche est très décomposée.

N. B. Les roches filoniennes G, II, I, bien qu'appartenant à des types à feldspaths alcalins ont dû être étudiées dans le livre II avec le massif d'Ernée.

H. — Micropegmatite du Bizeul.

Le filon est visible à la carrière du Bizeul; son orientation est nord-est — sud-ouest; sa largeur est de deux mètres, son pendage est presque vertical.

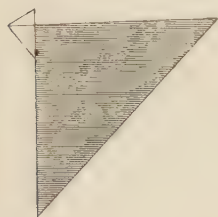
Au point de vue macroscopique, c'est une roche grenue, claire à grains fins composée presque exclusivement de quartz et feldspath, avec un peu de mica noir.

Au microscope, on reconnaît du quartz granulitique, de l'orthose et du microcline, un peu de mica noir; le quartz et l'orthose forment des groupements micropegmatiques de deux sortes : la première variété est constituée par de la micropegmatite typique, avec quartz en caractères cunéiformes inclus dans l'orthose; le second mode comporte de la myrmekite formant des bourgeons de corrosion sur les bords de microcline ou de grandes plages de micropegmatite classique; cette myrmekite est souvent orientée sur le microcline.

L'analyse faite par Pisani fournit la répartition suivante en éléments simples :

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅	Perte au feu	Total
74,51	13,01	"	1,06	0,39	0,71	4,80	5,07	0,13	Traces	0,85	100,53

Ces chiffres, comme on l'a vu plus haut, sont à comparer avec ceux du granite de Chaudevigne (massif de Deux-Evailles); ce sont, respectivement, des teneurs voisines dont l'écart moyen est d'environ une unité; la comparaison avec le granite de la Jeusserie (massif de Louvigné-Gorron) montre des différences plus importantes : ce granite est plus riche que la micropegmatite en silice, alumine et sesquioxyde de fer : l'excès respectif est de 8 unités, 3 unités, 4 unités; il est plus pauvre en alcalis de 2 unités pour chacun d'eux.



La représentation graphique en triangles normaux indique un triangle feldspathique dépourvu de chaux en ordonnée positive, avec un triangle ferro-magnésien insignifiant; c'est un diagramme comparable à celui du porphyre pétrosiliceux de l'écluse de Bonne avec cette différence que ce dernier contient une faible quantité de chaux feldspathisable; toutefois, le triangle

feldspathique de ce porphyre a son côté supérieur fort voisin de l'axe des X. D'autre part, le diagramme de la micropegmatite est fort différent de celui du granite de Chaudevigne où le triangle ferro-magnésien a son sommet du côté

des abscisses positives et où le triangle feldspathique comporte une quantité appréciable de chaux feldspathisable.

La composition normative comporte des quantités suivantes de minéraux virtuels :

Q	Or	Ab	Na ² O, SiO ²	Di	Hy	Ilm	Total y compris la perte au feu
26.52	30.02	38.25	0.49	3.03	0.96	0.30	100.42

Le défaut de chaux feldspathisable, déjà mis en évidence par le diagramme précédent, se montre aussi dans le calcul en minéraux virtuels : la composition ne comporte pas d'anorthite virtuelle ; en outre, la pauvreté en alumine conduit à la constitution de métasilicate de soude, en quantité d'ailleurs très faible.

La comparaison avec le granite de Chaudevine met en relief des différences notables entre les deux compositions normatives : le granite est plus pauvre en orthose et albite de 10 unités, plus riche en quartz et hypersthène de 6 à 7 unités ; en outre, il contient un chiffre notable d'anorthite et un peu de corindon.

Les écarts avec la composition normative du granite de la Jeusserie sont encore plus importants ; on compte, en effet, chez ce granite, un défaut de 11 unités en orthose, 22 en albite, 10 en hypersthène et un excès de 9 unités en silice ; en outre, ce granite est riche en corindon virtuel (9 unités) et contient un peu d'anorthite.

Les paramètres américains se déduisent de la composition normative :

F	Sal	fem	Sal fem	Q ₀₀ NL F	K ² O·Na ² O CaO	K N	Groupe
68.27	95.28	4.29	22.20	0.38	∞	$\frac{54}{77} = 0,70$	I (4.1.3)

La roche appartient au même groupe que le granite de Chaudevine ; le granite de la Jeusserie, bien que classé dans un groupe différent, est voisin du type I (3. 1. 3), de sorte que la principale différence avec la micropegmatite réside dans le chiffre de l'ordre, déduit du paramètre $\frac{Q}{F}$.

Les paramètres M L fournissent d'autres renseignements :

Φ	z	Ψ	U	Caractéristiques	Fumelle	Score						
2.95	1.05	2.71	1.49	(III V.) (2.2)	oxyénitique mégaorthosique	magnésienne ferrique mésocalcique						
K	N	C	Ssal	F	M	C'	Sx	x%	Ssal% (2K+3n%)	An%		
53	50	0	760	247	90	164	475	11	4.29	72.48	24.5	0

Le paramètre Φ est très voisin de la limite 3,0 séparative des types alcalino-dioritique (IV) et syénitique (III), de sorte que les caractéristiques se rapprochent du type (IV.V) (2. 2); elles diffèrent de celles du granite de Chaudevigne (V. V) (2. 2), mais on doit observer que le paramètre Φ de ce granite est voisin de 3,5, limite séparative des types (V) granito-dioritique et (IV) alcalino-granitique, de sorte que les caractéristiques du granite approchent du type (IV.V) (2. 2); on voit ainsi que la micropegmatite du Bizeul ne s'éloigne pas trop du granite de Chaudevigne.

Les paramètres de triangles normaux diffèrent de ce granite respectivement d'un centième dans le premier groupe, d'un dixième environ dans le deuxième groupe; les pourcentages x , S^{sal} et $(2k + 3n)$ sont de même ordre dans les deux roches.

Enfin, on peut rechercher dans les 81 roches indiquées au groupe chimique des Liparoses de M. Washington, les roches comparables à la micropegmatite du Bizeul :

(α) Au point de vue chimique seul, les roches les plus voisines de la micropegmatite sont l'aplite n° 10 de Massachusetts, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{53}{77} = 0,69$ et la bostonite (trachyte)

n° 12 de Massachusetts dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{55}{77} = 0,71$.

L'aplite contient un peu de sesquioxyde de fer (0,19) et n'a que des traces de magnésie : ce sont en somme deux différences peu importantes avec la micropegmatite qui n'a pas de sesquioxyde de fer et qui contient peu de magnésie (0,39); pour les autres éléments, les écarts respectifs entre les deux roches sont de quelques centièmes en alumine et en soude, quelques dixièmes en protoxyde de fer, chaux et potasse, 2 unités en silice.

Dans la composition normative, l'aplite comporte un peu d'acmite (0,5) et pas de métasilicate de soude : ces différences sont la conséquence de la présence de sesquioxyde de fer précédemment indiquée; les chiffres des autres minéraux virtuels diffèrent respectivement de 1 à 2 unités pour les deux roches : en somme, les compositions normatives sont voisines.

La bostonite diffère davantage de la micropegmatite : dans l'analyse brute, on compte un chiffre de sesquioxyde de fer plus élevé que précédemment (1,7); pour les autres éléments, les écarts respectifs sont de 0,01 en soude, quelques

dixièmes en protoxyde de fer, magnésie, chaux et potasse, 1 unité en alumine, 3 en silice; dans la composition normative, la bostonite est beaucoup plus riche en quartz et en albite, d'environ 7 à 9 unités; en outre, cette roche comporte un léger excès d'alumine non feldspathisable (1 unité).

(β) Le tableau des 81 roches ne compte pas de roches microgrenues : on ne peut donc trouver de roche que la structure permette de comparer à la roche du Bizeul.

I. — Aplite de la Rivaudière.

Cette roche se présente en deux filons visibles dans la tranchée du chemin de fer, l'un au kilom. 31,650, l'autre au kilom. 31,550; l'orientation de ces filons est nord-est — sud-ouest; le pendage du premier est de 50° environ vers l'est, celui de l'autre 60° vers l'ouest; leur largeur est d'environ deux mètres chacun.

A l'œil nu, c'est une roche claire composée presque exclusivement de grands cristaux de quartz et de feldspaths rosés, avec quelques traînées vert clair de chlorite.

Au microscope, on voit des cristaux très développés de quartz, d'orthose faculée d'albite, de microcline, de plagioclases; le quartz peut être granulitique; l'orthose et le quartz forment des associations micropegmatiques; les plagioclases présentent les macles de l'albite et du péricline; ils englobent quelquefois les cristaux de quartz. Dans les intervalles qui séparent les grands cristaux se trouvent des houppes d'amphibole verdâtre en lumière naturelle, plus réfringente que le quartz et les feldspaths, polarisant en jaune du premier ordre; l'allongement des fibres est positif; l'extinction est faible, presque longitudinale; l'amphibole appartient à une variété d'actinote : la byssolite. Les plagioclases sont de deux types : l'un, trouble, indéterminable, est d'origine primaire; l'autre, très clair, est d'origine secondaire; ce dernier a pu être déterminé par un essai microchimique à l'acétate d'uranyle : c'est de l'albite.

SOUS-CHAPITRE III.

ROCHES EN CONTACT AVEC LE MASSIF D'ERNÉE

Les roches intéressées comportent du granite et des schistes précambriens.

A. — Granite.

Au contact même du gabbro, le granite du massif de Louvigné-Gorron est presque entièrement décomposé; il faut remonter vers le nord, aux carrières de la Jeusserie et des Contrits, pour trouver une roche un peu moins altérée.

A l'œil nu, le granite de la Jeusserie est du type de Vire, avec cristaux assez développés de cordiérite; ce sont des prismes hexagonaux d'un centimètre de longueur environ.

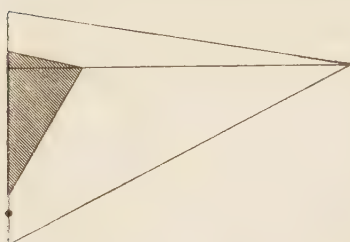
Au microscope, on voit le quartz en plages granitiques, l'orthose faculé d'albite, l'oligoclase presque aussi fréquent que l'orthose, quelques grands cristaux d'albite, des agrégats de mica blanc sphérolithique que l'on doit rapporter à la pinite provenant de l'altération de cordiérite.

Une analyse du granite de la Jeusserie, effectuée par Pisani, a donné les résultats suivants :

SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
66,80	16,80	0,40	5,22	1,45	0,39	2,01	3,30	0,91	0,06	2,60	99,94

Ces chiffres, comparés précédemment à ceux de la micropegmatite du Bizeul, s'en écartent notablement; ils sont un peu moins éloignés des chiffres fournis pour le microgranite de la Bertais échantillonné dans le même massif; néanmoins, la comparaison avec cette dernière roche fournit des écarts importants respectivement en silice (8 unités), protoxyde de fer (4 unités), alumine (3 unités); les différences respectives en alcalis sont de 1 unité, quelques dixièmes en sesquioxyde de fer et magnésie, quelques centièmes en chaux. La comparaison avec le granite de Chaudevigne fournit des résultats de même ordre : ce sont des écarts respectifs de 6 unités en silice, 3 en protoxyde de fer, 2 en alumine, 1 unité en chaux et soude, quelques dixièmes pour les autres éléments. Il convient d'ailleurs d'observer que l'échantillon de la Jeusserie étant assez altéré, la perte au feu est élevée, de sorte qu'on est amené à faire quelques réserves sur la valeur de l'analyse.

La représentation graphique en triangles normaux montre un caractère commun avec la série des microgranites précédemment étudiée, ainsi qu'avec le granite de Chaudevigne : l'excès d'alumine qui fait placer l'un des sommets du triangle ferromagnésien du côté des abscisses positives; par contre, la surface de ce triangle est supérieure à celle du triangle feldspathique, ce qui ne se produit que pour le microgranite de la Bigottière.



La composition normative répartit comme il suit les minéraux virtuels :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte en feu
36,12	19,46	16,77	1,94	9,28	"	11,39	"	"	0,46	1,67	100,00

Si l'on compare ces chiffres avec ceux qui concernent le microgranite de la Bertais, on constate des différences respectives de quelques dixièmes sur le quartz et l'anorthite, 6 unités sur l'orthose, 7 sur le corindon, 8 sur l'hypersthène, 11 sur l'albite; avec le granite de Chaudevigne, on compte des écarts respectifs de 1 unité en orthose, 3 en quartz, 4 en anorthite, 5 en hypersthène, 6 en corindon, 12 en albite; ainsi, la composition normative du granite de la Jeusserie s'éloigne notablement des deux roches considérées, surtout au point de vue de la teneur en albite; en outre, il convient d'observer que la présence de corindon virtuel, pour le granite de la Jeusserie, correspond minéralogiquement à celle de la cordiérite, tandis que, dans le microgranite de la Bertais, elle correspond à celle du mica noir.

La classification, dans la nomenclature chimique, dérive des paramètres suivants :

F	Sal	Fem	Sal fem	Q _{an} NL	K ² O-Na ² O	K	Groupe
F				F	CaO	N	
38,17	83,56	13,52	6,17	0,94	9,57	$\frac{33}{32} = 1,03$	II (3, 1, 3)

La valeur du paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ est proche de 7, limite séparative des ordres I et II, par suite, les caractéristiques sont voisines du groupe I (3. 1. 3.) où se classe le microgranite de la Bertais; elles sont plus éloignées du groupe I (4. 2. 3) auquel appartient le granite de Chaudevigne.

Le calcul des paramètres M J, conduit aux résultats ci-après :

Φ	r	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie						
4,83	1,14	3,87	14,41	(VII) (3 3)	tonalitique mégacristallique	ferro-magnésienne microcristallique						
K	N	C	Saal	F	M	$\frac{1}{2}$	$\Sigma \pm$	x%	Saal%	(2K+3n%)	An%	
39	24	4	728	415	407	0	421	2	13,52	61,08	12,63	10

La valeur du paramètre Φ est supérieure de très peu à la limite séparative des types VI et V d'acidité, et celle du paramètre r est voisine de 0,90, limite séparative des types V et IV d'alcalinité de la fumerolle; celle du paramètre Ψ est légèrement inférieure à 4, limite séparative des types ferrique et ferro-magnésien de scorie; les caractéristiques du magma sont ainsi proches du type (V. IV) (4. 3) qui concerne le porphyre pétrosiliceux de Bonne.

La comparaison du magma du granite de la Jeusserie avec celui du microgranite de la Bertais (V. V) (1.3) met en évidence quelques caractères communs : les secondes caractéristiques de fumerolle et de scorie sont les mêmes; de plus, dans la fumerolle, les premières caractéristiques sont voisines, les valeurs du paramètre Φ pour les deux magmas différant très peu de la limite 4,5 séparative des types VI et V.

Une comparaison analogue avec le magma du granite de Chaudevigne (V. V) (2. 2) montre comme seul caractère commun, la seconde caractéristique de la fumerolle; comme pour le cas précédent, les premières caractéristiques de fumerolle se rapprochent; quant à la scorie, elle diffère nettement chez les deux magmas.

Dans le premier groupe de paramètres de triangles normaux, C est identique, les autres s'écartent respectivement de quelques centièmes pour les roches de la Jeusserie et de la Bertais; dans le deuxième groupe, C' est identique, les autres diffèrent respectivement de quelques dixièmes; les pourcentages sont de même ordre, sauf le chiffre x.

La comparaison de ces paramètres avec la roche de Chaudevigne conduit à des conclusions identiques, sauf pour le premier groupe où les écarts respectifs sont un peu plus élevés : quelques centièmes pour C, quelques dixièmes pour N.

Si l'on recherche dans le groupe des Varingoses qui comprend 4 roches dans l'ouvrage de M. Washington, on ne trouve aucune roche comparable au granite de la Jeusserie.

B. — Schistes précambriens.

On a vu plus, haut, que le gabbro est entouré en partie de schistes précambriens; ces schistes sont feldspathisés; cette feldspathisation est due à la montée granitique du massif de Louvigné-Gorron.

A l'œil nu, ce schiste est une roche feuilletée, très dure, de couleur brun jaunâtre, avec abondance de quartz, feldspaths et biotite.

Au microscope, on reconnaît en abondance de la biotite et des plagioclases néogènes; ces plagioclases sont de l'oligoclase et de l'albite; on trouve en outre quelques sections rectangulaires de pinité.

On peut trouver, en outre, des bancs de schiste traversant la masse gabbroïque : l'un d'eux est visible dans la tranchée du chemin de fer, au kilom. 29,010; il est orienté nord-ouest — sud-est et plonge de 10° environ vers le sud; l'autre est visible dans la tranchée du tramway, près la gare d'Ernée-Etat; son orientation est la même que précédemment; son pendage est de 30° environ. L'aspect macroscopique est le même que précédemment; au microscope, on trouve, comme feldspath néogène, de grands cristaux d'orthose xénomorphes englobant les micas clastiques; on voit aussi quelques filaments d'albite secondaire et de grands cristaux de tourmaline.

CHAPITRE II

Région des feuilles 76 (Laval) et 77 (Mayenne) de la carte géologique

SOUS-CHAPITRE I. — ÉTUDE GÉNÉRALE (à l'exception de la région Brée et Neau) DES FILONS DE ROCHES A FELDSPATHS CALCÛSODIQUES.

RÉPARTITION.

Indépendamment des gisements d'Ernée et de Fourbois qui sont les plus importants au point de vue superficiel, la carte géologique indique de nombreux filons de diabase andésitique et de diabase quartzifère; l'étude de ces filons a été reprise, soit à l'aide des nombreuses plaques minces prêtées par M. Œhlert, soit sur des échantillons nouveaux recueillis dans quelques cas exceptionnels. La répartition de ces filons est indiquée dans le tableau ci-dessous (en mettant en italique les types quartzifères).

Gabbros à pigeonite : Brée, Commer, Gesnes, Montsûrs, Saint-Denis-de-Gâtines, Villiers-Charlemagne.

Gabbros à augite seul : la Bazouge-des-Alleux, Brée, La Pellerine, Saint-Ouen-des-Vallons.

Diabases à pigeonite : Argentré, Saint-Mars-sur-Colmont, Sainte-Suzanne, Villiers-Charlemagne.

Diabases à augite seul : Alexain, Argentré, La Baudelière, Bouère, La Chapelle-Rainsoin, Clermont, Concise, Contest, Fresnay-sur-Sarthe, Gesnes, Grez-en-Bouère, Lhuisserie, Montsûrs, Saint-Gemmes-le-Robert, Saint-Ouen-des-Vallons, Vaiges, Voutré.

Ce tableau montre que les filons à pigeonite sont en minorité dans les diabases; il en est de même pour les types quartzifères.

On peut ajouter que certains gabbros pauvres en pyroxène forment des passages à des types aplitiques : Argentré La Pellerine, Port-Brillet, Villiers-Charlemagne; d'autres, où le pyroxène est entièrement ouralitisé, passent à la diorite : la Bazouge-des-Alleux, Bouère, Brée, Commer, Saint-Ouen-des-Vallons, Nuillé-sur-Ouette; ces types sont tous quartzifères; le

dernier contient en outre un peu de pigeonite; enfin, à Saint-Ouen-des-Vallons, un filon passe à la microdiorite.

D'une manière générale, dans ces filons, la diabase est plus fréquente que le gabbro.

ETUDE MACROSCOPIQUE, MICROSCOPIQUE, CHIMIQUE.

Dans le détail, l'aspect macroscopique de ces diverses roches montre peu de différences avec les roches similaires déjà décrites pour la région d'Ernée-Fourbois.

L'étude microscopique peut fournir quelques renseignements à signaler :

(α) *Gabbros*. — Les feldspaths vont de l'oligoclase à l'andésine; ce dernier est le moins fréquent (Brée, Commer, Saint-Ouen-des-Vallons); la teneur en anorthite varie de 37 0/0 (Brée) à 48 0/0 (Saint-Ouen-des-Vallons). On trouve exceptionnellement un peu d'albite à Brée, Gesnes.

Le pyroxène est de l'augite, accompagné fréquemment de pigeonite; cette dernière est rarement altérée; les deux pyroxènes peuvent présenter des formes géométriques (Villiers-Charlemagne), mais sont le plus souvent xénomorphes; l'augite montre exceptionnellement des macles polysynthétiques (Villiers-Charlemagne), la pigeonite est maclée suivant h^1 (100) à Villiers-Charlemagne et Montsûrs; le produit d'altération du pyroxène est de la hornblende (Montsûrs, Saint-Denis-de-Gâtines) ou de l'actinote (Commer).

Le quartz peut être à structure granulitique (Villiers-Charlemagne); il forme quelquefois des groupements micropegmatiques avec l'oligoclase (Montsûrs, la Pellerine).

Le sphène est assez fréquent, comme produit d'altération de magnétite titanifère ou d'ilménite (La Bazouge, Montsûrs, Commer).

On peut, en outre, citer comme minéraux accessoires : le fer titané (Commer), la magnétite (La Bazouge, Saint-Denis-de-Gâtines), la pyrite (Brée, Gesnes), la zoisite (Gesnes), la pennine (La Pellerine), la calcite (Villiers-Charlemagne).

L'olivine n'a été rencontrée nulle part; toutefois, à Montsûrs, au sud de la Turmelière, on trouve un gabbro serpentinisé : la serpentinisation peut être considérée comme le résultat d'altération de l'olivine primaire.

Lorsque la roche passe à des types aplitiques, par pénurie de pyroxène, elle est presque uniquement composée d'oligoclase accompagné d'un peu d'orthose et de quartz; on compte un peu de pyroxène (augite ou pigeonite), de sphène, de biotite.

(β) *Diabases*. — Les plagioclases varient de l'oligoclase au labrador : le feldspath le plus basique est un labrador à 62 0/0 d'anorthite (Saint-Ouen-des-Vallons, Sainte-Suzanne); l'aûdésine à 40 0/0 a été rencontrée à Saint-Ouen-des-Vallons; le feldspath le plus fréquent est l'oligoclase (Argentré, La Chapelle-Rainsoin, la forêt de Concise, Bouère, Clermont, Saint-Mars-sur-Colmont). L'albite existe quelquefois (Montsûrs) : ce feldspath est alors d'origine secondaire; quelquefois les plagioclases sont zonés (Saint-Ouen-des-Vallons), ou présentent l'aspect moiré (Saint-Ouen-des-Vallons); l'association micropegmatique d'oligoclase et de quartz est peu fréquente (Saint-Mars-sur-Colmont).

L'orthose existe quelquefois, en cristaux isolés (Montsûrs) ou associés micropegmatiquement avec le quartz (Alexain, Clermont, Saint-Mars-sur-Colmont).

Les pyroxènes sont toujours xénomorphes; l'augite est fréquemment ouralitisée; la pigeonite est, au contraire, intacte.

Le quartz est granulitique à Argentré, en plages à Saint-Ouen-des-Vallons; il peut présenter des extinctions roulantes dues à des effets dynamiques (Grezen-Bouère); il est quelquefois d'origine secondaire (Clermont).

La biotite est rare; on ne la trouve qu'à Alexain où elle abonde au point que la roche passe à une kersantite.

L'amphibole existe comme produit secondaire dû à l'atération des pyroxènes : c'est la hornblende (Montsûrs), Saint-Mars-sur-Colmont, Saint-Ouen-des-Vallons) ou l'actinote (Saint-Ouen-des-Vallons).

La magnétite est abondante dans quelques échantillons (Argentré, la Baudelière, Grezen-Bouère).

Le fer titané est fréquent (Argentré, Bouère, Montsûrs, Saint-Mars-sur-Colmont, Clermont, forêt de Concise, Lhuisserie, Nuillé-sur-Vicoin); il se présente quelquefois sous forme d'arborisations (forêt de Concise); il peut être transformé en sidérose (Alexain).

Le fer oligiste se montre en abondance, dans quelques échantillons (Argentré, Voutré, forêt de Concise) : les cristaux aplatis suivant a^1 (0001), ont l'aspect de microlites. Le mispickel se rencontre quelquefois, en cristaux xénomorphes (Alexain, Saint-Ouen-des-Vallons).

La pyrite est aussi peu fréquente (Grezen-Bouère, Vaiges); à Vaiges, les cristaux sont des octaèdres a^1 (111), placés en enfilade suivant l'axe quaternaire.

Les chlorites existent dans de nombreux échantillons

comme produit d'altération des pyroxènes (Argentré, forêt de Concise, Lhuisserie, Bouère, Voutré).

La calcite se montre comme produit d'altération des feldspaths et des pyroxènes (Argentré, la Baudelière, Bouère, Clermont, forêt de Concise, Lhuisserie, Sainte-Suzanne); dans quelques échantillons, la calcification est si avancée que tous les plagioclases et pyroxènes ont disparu (La Chapelle-Rainsoin, Grez-en-Bouère, Vaiges).

Le sphène est abondant comme produit secondaire (Argentré, Saint-Mars-sur-Colmont, Vaiges, forêt de Concise, Alexain).

L'épidote est rare (Saint-Mars-sur-Colmont), ainsi que la pinite (Lhuisserie). Un seul échantillon est serpentinisé (Alexain) : la serpentinisation fait supposer que la roche contenait de l'olivine primaire.

(γ) Diabases passant aux porphyrites (andésites). — Lorsque les feldspaths prennent la structure microlitique, la diabase passe à l'andésite (Argentré, Bouère, forêt de Concise); le plagioclase est un oligoclase, accompagné quelquefois d'andésine (Argentré).

Ces roches sont un peu quartzifères; le quartz est granulitique (Argentré, forêt de Concise); le fer oxydulé, abondant, est microlitique (Argentré, forêt de Concise); le fer titané se montre sous forme d'arborisations (forêt de Concise).

Pour toute la série des filons précédemment cités, une seule analyse a été faite par Pisani; elle concerne un échantillon de diabase de la carrière du Taillis à Saint-Denis de Gâtines, à proximité du massif gabbroïque d'Ernée.

A l'œil nu, c'est une roche de couleur gris verdâtre, avec grands plagioclases de 3 à 4 m/m; au microscope, la roche est constituée, pour les 3/4, de plagioclases très altérés, presque indéterminables, pour 1/5 de pyroxènes, en voie d'ouraltisation; le reste comporte de la magnétite et de la pyrite en abondance, et des minéraux d'origine secondaire : albite, prehnite, épidote.

Les plagioclases sont allongés, aplatis sur $g^1(010)$, moulés par les pyroxènes; les pyroxènes sont de deux types : augite et pigeonite; ils sont xénomorphes.

La répartition en éléments simples est fournie pour l'analyse ci-dessous :

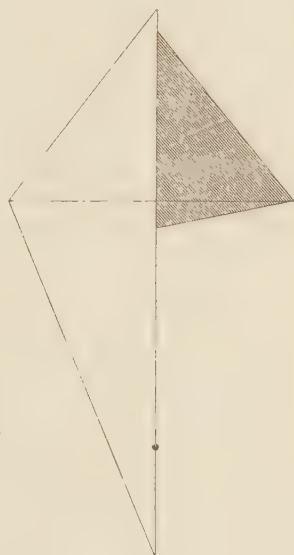
SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	TiO_2	P_2O_5	Perte au feu	Total
49,41	15,11	2,70	9,63	5,11	8,80	3,71	0,70	2,82	0,32	2,90	101,21

On voit de suite que la perte au feu est élevée : près de 30 /0 ; ce résultat était à prévoir en raison de l'altération de la roche ; on est ainsi conduit à faire des réserves au sujet de cette analyse.

Les chiffres sont à rapprocher de ceux du microgabbro de Mauny : les écarts respectifs sont de quelques dixièmes pour le sesquioxyle de fer et la soude, 1 unité pour l'alumine, le protoxyde de fer, la magnésie, la potasse, 2 unités pour la chaux, 3 pour la silice : ce sont deux compositions voisines.

On peut faire une comparaison analogue avec l'analyse de l'andésite du Moulin à Huile : les écarts respectifs sont de quelques dixièmes pour la magnésie et les alcalis, 2 unités pour le reste.

La représentation graphique en triangles normaux met en relief deux caractères communs aux trois roches : le triangle feldspathique est surtout développé dans la partie située au-dessus de l'axe des X, et le triangle ferro-magnésien plus développé dans la partie qui correspond aux ordonnées négatives ; en outre, la surface du triangle ferro-magnésien est notablement plus élevée que celle du triangle feldspathique.



La composition normative peut répartir comme il suit les minéraux virtuels :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total Y compris la perte au feu
"	3,89	31,44	22,52	"	15,98	11,12	3,31	0,68	3,94	5,32	101,00

Si l'on compare avec le microgabbro de Mauny, on trouve deux différences nettes : le microgabbro comporte du quartz virtuel et n'a pas d'olivine : cela tient à l'infériorité de la teneur en magnésic ; d'autre part, la roche de Mauny est plus pauvre en albite et diopside de 2 à 3 unités, en anorthite de 5 unités, plus riche en hypersthène de 3 unités, en orthose de 6 unités ; les écarts d'anorthite et d'orthose sont assez importants ; le premier est la conséquence de l'infériorité de teneur en alumine (1 unité) ; le second est dû, bien entendu, à la supériorité de teneur en potasse.

Les différences sont moindres avec l'andésite du Moulin à Huile; en premier lieu, cette dernière roche comporte les mêmes minéraux virtuels que la diabase du Taillis; quant aux écarts respectifs, ils sont moindres que précédemment pour l'orthose et le diopside; ainsi, l'andésite est plus riche en albite de 3 unités, en orthose et hypersthène de 5 unités; plus pauvre en olivine de 1 unité, en diopside de 2 unités; en anorthite de 7 unités; l'infériorité du chiffre d'anorthite est due à celle de la teneur en alumine (2 unités).

Les paramètres américains, qui résultent de la composition normative, sont indiqués ci-dessous.

F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{anNL}}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}'\text{O} \cdot \text{Na}'\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
57,85	57,85	40,34	1,43	0	0,82	$\frac{7}{60} = 0,11$	III {5.3.5}

La roche du Taillis est classée ainsi dans un groupe voisin de celui où se trouvent le microgabbro de Mauny et l'andésite du Moulin à Huile III (5.3.4); on peut observer, d'autre part, que la valeur du paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ est voisine de 1,66, limite séparative des classes II et III, et que la valeur du paramètre $\frac{\text{K}}{\text{N}}$ est voisine de 0,14, limite séparative des subrangs 4 et 5 : la diabase du Taillis se rapproche ainsi de la diabase des Rondellières et de la microdiorite de Vahais, classées dans le groupe II (4.3.4) et dont la valeur du paramètre $\frac{\text{Q}}{\text{F}}$ est voisine de la limite séparative des ordres 4 et 5.

Les paramètres M L fourniront quelques observations :

ϕ	r	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie					
2,70	0,18	2,41	1,40	(III.1) (2.2)	syénitique péridotique	magnésienne, ferritique mesocalcique					
K	N	C	Ssal	F	M	C'	Sx	x%	Ssal%	(2K+3n%)	An%
12	64	79	584	305	126	104	360	40,34	33,84	12,53	41

Le magma de la diabase du Taillis a une scorie analogue à celle de l'andésite du Moulin à Huile (IV, II) (2.2); sa fumerolle est différente; néanmoins, pour les deux magmas, le paramètre Φ est proche de 3,00, limite séparative des types III et IV, de sorte que la principale différence porte sur les indications fournies par le paramètre r ; encore faut-il observer que la valeur de ce paramètre r dans la diabase est voisine de 0,20, limite séparative des types I et II, c'est-à-dire que la fume-

rolle est presque mégasodique : ainsi, les deux magmas ont des fumerolles comparables.

La comparaison avec la magma du microgabbro de Mauny (III. III) (3. 2) montre que la fumerolle et la scorie ont respectivement un paramètre conduisant aux mêmes caractéristiques; on observe deux différences fournies par les paramètres r et Ψ ; les deux valeurs du premier sont nettement éloignées; la différence est moindre pour celles du second, assez voisines de 3, limite séparative des types ferro-magnésien et magnésien-ferrique.

Les paramètres de triangles normaux, comparés à ceux de l'andésite du Moulin à Huile, présentent des écarts respectifs de quelques millièmes pour N et M, de quelques centièmes pour les autres; les pourcentages diffèrent respectivement de quelques centièmes pour x , 1 unité pour S^{sal} , 2 unités pour $(2k + 3n)$.

Si l'on compare avec le microgabbro de Mauny, on trouve des différences respectives de quelques millièmes pour N, quelques centièmes pour les autres paramètres; les écarts respectifs de pourcentages sont plus élevés que dans le cas précédent : 3 unités pour x , 5 pour S^{sal} , 2 pour $(2k + 3n)$.

En somme, les divers paramètres mettent en relief de nombreux caractères communs, au point de vue chimique, entre les trois roches considérées.

Enfin, on peut rechercher dans le groupe des Ornosés (21 roches pour l'ouvrage de M. Washington), les roches à comparer à la diabase du Taillis;

(α) Au point de vue chimique seul, la plus proche est la roche n° 15, basalte du Tyrol, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{6}{58} = 0,10$.

Les chiffres d'analyse indiquent des écarts respectifs de 1 dixième pour les alcalis, 1 unité pour la silice, 2 pour le protoxyde de fer, la magnésie et la chaux, 3 pour l'alumine, 5 pour le sesquioxyde de fer. D'après la composition normative, les différences respectives sont de quelques dixièmes en orthose et olivine, 1 unité en albite et hypersthène, 2 en diopside, 6 en anorthite; ce sont des chiffres voisins, sauf pour l'anorthite; bien que plus riche en chaux, le basalte est plus pauvre en feldspath que la diabase parce qu'il contient moins d'alumine.

(β) Parmi les diabases du groupe, l'une d'elles, n° 2, diabase porphyry du Maine, a un paramètre $\frac{K}{N}$ égal à $\frac{6}{56} = 0,10$ elle se rapproche donc de la diabase du Taillis.

D'après l'analyse, les écarts respectifs entre les deux roches comportent moins d'un dixième pour la potasse, quelques dixièmes pour le protoxyde de fer et la soude, 1 unité pour la silice, la magnésie et la chaux, 2 pour l'alumine et le sesquioxyde de fer.

Les différences respectives fournies par la répartition en minéraux virtuels sont de 0,5 en orthose, 2 unités en albite, 3 à 4 en anorthite, hypersthène, olivine, 10 en diopside; la roche du Maine, bien que plus riche en chaux, contient moins d'anorthite virtuelle, en raison de sa teneur en alumine.

Sous-CHAPITRE II. — RÉGION DE BRÉE ET NEAU

Étude macroscopique, microscopique, chimique.

Une mention spéciale peut être faite pour les filons de la région de contact granitique de Brée et de Neau; ces filons concernent des gabbros et microgabbros, dont certains passent aux diorites et microdiorites, par ouralitisations du pyroxène; la répartition des pointements reconnus a été indiquée sur la carte; les types sont micacés et quartzifères à la Blanchardière, la Hautière, Grimette, l'Aubonnière; à Brée, la roche est très quartzifère.

Au point de vue macroscopique, ce sont des roches grenues ou microgrenues, de coloration gris noirâtre; les plagioclases de 1^m/m environ montrent les macles de l'albite; le pyroxène ou l'amphibole se décèlent par leurs clivages; la biotite et le quartz sont en cristaux un peu plus développés que les plagioclases.

Au microscope, on reconnaît comme minéraux essentiels : plagioclases, pyroxènes, biotite; comme minéraux accessoires : orthose, quartz, pyrite, magnétite, mispickel, apatite.

Le plagioclase est de l'oligoclase à 300/0 d'anorthite, avec un peu d'albite; ces feldspaths sont presque toujours xénomorphes; ils peuvent être aplatis sur g^1 (010) et moulés par les pyroxènes, la roche passant à la diabase; ils sont quelquefois zônés : on peut compter 2, 3, 4 zones avec l'albite au centre et l'oligoclase à la périphérie (La Blanchardière) ou bien inversement (Grimette).

Les pyroxènes sont constitués le plus souvent par de l'hypersthène, accompagné quelquefois de pigeonite et

d'augite normale (La Blanchardière); ces cristaux sont xénomorphes; l'augite est ouralitisée, la pigeonite et l'hypersthène sont intacts.

La biotite est toujours xénomorphe, généralement à structure pœcilitique par rapport au quartz; elle est particulièrement abondante à Grimette où elle constitue près d'un tiers de la totalité des éléments.

L'orthose est en faible proportion; quelquefois ce minéral constitue des plages moulant les autres éléments; à la Ballerie, l'abondance de l'orthose fait passer la roche à une syénite augitique.

Le quartz est le plus souvent granulitique; il est fréquemment groupé avec l'oligoclase en formant des associations micropegmatiques; quelquefois les cristaux sont de grande taille, très déchiquetés (carrefour des routes de Laval et de Saint-Ouen).

Les minerais n'ont rien de particulier; sauf à la Godarrière où le mispickel est corrodé par le quartz.

L'apatite existe en inclusions dans le quartz (l'Aubonnière) et surtout dans la biotite (la Blanchardière).

L'amphibole est fréquente: c'est une hornblende commune, vert foncé en lumière naturelle; elle remplace totalement le pyroxène dans certains pointements qui passent ainsi aux diorites et microdiorites, mais ces roches doivent être considérées comme dérivées des gabbros, par altération des pyroxènes, car plusieurs échantillons (Bel-Air, la Godarrière, la Hautière) montrent des pyroxènes en voie d'ouralitisation.

Deux analyses ont été effectuées par Pisani sur les échantillons les moins altérés: l'une concerne un microgabbro micacé quartzifère (A) recueilli sur la route de Brée à Saint-Ouen-les-Vallons, près la Blanchardière, l'autre un microgabbro (B) recueilli sur la même route, à 50 mètres environ vers le sud et traversé en quelques points par des injections de filets granitiques.

Le microgabbro (A) comporte au I^{er} temps: feldspaths, pyroxènes et biotite, avec prédominance des pyroxènes; au II^e temps, les mêmes minéraux, avec prédominance des feldspaths, accompagnés de quartz, orthose, magnétite et mispickel. Le plagioclase le plus abondant est un oligoclase à 33 0/0 d'anorthite dans les cristaux au II^e temps, une andésine à 40 0/0 dans ceux du I^{er} temps; les cristaux du I^{er} temps sont automorphes, ceux du II^e temps sont xénomorphes; ils sont quelquefois zonés: on rencontre 2 à 4 zones

avec le plagioclase le plus basique au centre. Les pyroxènes sont de la pigeonite et de l'hypersthène xénomorphes. La biotite est pœcilitique par rapport au quartz. Le quartz est granulitique; il forme fréquemment des associations micropegmatiques avec l'oligoclase.

Les résultats bruts de l'analyse sont indiqués ci-dessous :

SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
58,85	16,41	1,00	8,85	2,63	3,99	3,02	2,76	2,03	0,06	1,01	100,61

Ces chiffres sont à rapprocher de ceux qui concernent l'analyse de la diabase à biotite du Bois des Rondellières et de la microdiorite du Mont de Vahais dans le massif d'Ernée; avec la diabase à biotite, les écarts respectifs sont de quelques dixièmes pour le sesquioxyde de fer et la soude, 1 unité pour l'alumine, le protoxyde de fer et la potasse, de 2 unités pour la silice, la magnésie, 3 unités pour la chaux; avec la microdiorite, on compte des différences respectives de quelques



dixièmes pour le sesquioxyde de fer et la potasse, 1 unité pour la silice et la soude, de 2 unités pour l'alumine, la magnésie et la chaux, 3 unités pour le protoxyde de fer. En somme, les trois teneurs sont assez voisines, mais cependant le microgabbro est un peu plus riche en alumine et en potasse, moins riche en chaux et en magnésie.

La reproduction graphique en triangles normaux met en évidence un caractère commun à ces trois roches : l'équivalence de surface des triangles feldspathiques; par contre, les triangles ferro-magnésiens diffèrent nettement: le microgabbro contient un excès d'alumine qui fait placer un sommet de ce triangle du côté des abscisses positives, tandis que ce cas ne se présente pas pour la diabase à biotite et la microdiorite.

La composition normative répartit comme il suit les minéraux virtuels :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
12,72	16,68	25,15	19,74	1,22	0	18,74	0	0	1,39	3,80	100,45

Si l'on compare ces chiffres avec ceux qui concernent la diabase à biotite des Rondellières, on reconnaît que les teneurs respectives en quartz, albite et hypersthène présen-

tent des écarts faibles (1 à 3 unités); par contre, on trouve des différences appréciables pour le reste : ainsi le microgabbro est plus riche en orthose de 8 unités, moins riche en anorthite de 6 unités; de plus, il comporte un peu de corindon et n'a pas de diopside.

La comparaison avec la microdiorite de Vahais montre des écarts respectifs faibles pour le quartz, l'anorthite et l'hypersthène (2 à 4 unités), assez élevés pour l'orthose et l'albite (8 à 10 unités); on constate aussi une différence marquée dans la répartition en minéraux virtuels, par suite de l'absence de corindon et de la présence de diopside dans la microdiorite.

Ainsi, le microgabbro est plus pauvre en alumine et plus riche en chaux que chacune des deux roches; cependant, sa teneur en anorthite virtuelle est supérieure à celle de la diabase des Rondellières, inférieure à celle de la microdiorite de Vahais; il peut être intéressant de rechercher les causes de cette différence dans les résultats des calculs. Dans la diabase, la somme des alcalis est inférieure à celle que l'on trouve dans le microgabbro; cette particularité entraîne l'infériorité de la consommation d'alumine pour la constitution des feldspaths acides, et par suite, la supériorité des disponibilités d'alumine pour la constitution d'anorthite; cette supériorité s'accroît d'ailleurs du fait de la pauvreté en chaux chez le microgabbro dont l'alumine disponible ne peut être feldspathisée. Dans la microdiorite, au contraire, la somme des alcalis est plus élevée que celle que l'on trouve dans le microgabbro; par suite, la disponibilité d'alumine, pour la constitution d'anorthite, est moins élevée que pour le microgabbro; la pénurie d'alumine feldspathisable est accentuée par l'infériorité de la teneur totale en alumine dans la microdiorite qui se trouve ainsi plus pauvre en anorthite que le microgabbro. On voit par là que, dans le calcul, pour la constitution d'anorthite virtuelle, la différence de teneur en alcalis joue un rôle plus important que la différence de teneur en chaux.

Les paramètres dérivés de la composition normative permettent de classer la roche dans la nomenclature américaine.

$\frac{F}{\text{F}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{F}}$	$\frac{\text{fem}}{\text{F}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{bas}} \text{NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} \cdot \text{Na}^2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
61,57	75,51	23,93	3,15	0,20	1,09	$\frac{30}{48} = 0,62$	II (4 3 3)

La roche appartient à un groupe que l'on peut rapprocher du groupe II (4. 3. 4) auquel appartiennent la diabase à

biotite des Rondellières et la microdiorite de Vahais; en effet, ces deux groupes ne diffèrent que par le subrang fourni par le paramètre $\frac{K}{N}$ qui, dans le le microgabbro, est très voisin de 0,60, limite séparative des subrangs 3 et 4; il s'en faut de 3 centièmes que le microgabbro ne se place dans le subrang 4.

D'autre part, l'étude des paramètres M L conduit aux résultats suivants :

Φ	r	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Score					
3,38	0,91	3,74	2,46	(IV.V) (3.3)	alkalio granitique mégaotaxique	ferro magnésienne microcalcique					
K	N	C	S ^{sal}	F	M	C'	Sx	x%	S ^{sal} %	(2K+3n%)	An%
36	39	52	653	411	109	0	396	23.93	49.32	14.6	43

Ce magma diffère nettement de celui de la diabase des Rondellières (V, IV) (2.2) et de celui de la microdiorite de Vahais (III. III) (1.2); il se rapprocherait seulement un peu du premier par la fumerolle puisque, d'une part, la paramètre Φ est proche de 3,50, limite séparative des types V et IV, et d'autre part, le paramètre r est voisin de 0,90, limite séparative des types V et IV.

Si l'on compare les autres paramètres, pour le microgabbro et la diabase des Rondellières, on observe que N est identique, K et S^{sal} voisins à 1 centième près; les écarts respectifs, pour le reste, sont de l'ordre des dixièmes; la même comparaison avec la microdiorite de Vahais montre que, respectivement, C et S^{sal} diffèrent de quelques millièmes, K et N de quelques centièmes, et les autres paramètres de quelques dixièmes. Pour les trois roches, les pourcentages x , S^{sal} (2k+3n) sont de même ordre.

Enfin, on peut rechercher, dans le groupe chimique des Harzoses, qui compte 27 roches dans l'ouvrage de M. Washington, les roches susceptibles d'être comparées au microgabbro A :

(α) Au point de vue chimique seul, la roche la plus voisine est le n° 26, quartz-mica-diorite d'Ensay (Victoria), dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{30}{50} = 0,60$; d'après les résultats bruts d'ana-

lyse, les différences respectives des divers éléments pour les deux roches comparées, sont de quelques centièmes pour les alcalis, quelques dixièmes pour le sesquioxyde de fer et la chaux, 2 à 3 unités pour la silice, l'alumine, la magnésie, 5 unités pour le protoxyde de fer; dans la composition virtuelle, on trouve les mêmes minéraux pour les deux roches, avec des

écarts respectifs de quelques centièmes en orthose, 1 à 2 unités en albite, corindon, hypersthène, 3 en anorthite, 5 en quartz : en somme, les compositions calculées diffèrent peu.

(β) On ne trouve pas de microgabbro dans le groupe; toutefois on peut comparer la roche A avec le gabbro n° 1, de

Waleska, dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{27}{45} = 0,60$; dans l'analyse

brute, les écarts respectifs, sont de quelques dixièmes pour les oxydes de fer, la magnésie et les alcalis, 1 unité pour l'alumine et la chaux, 2 unités pour la silice; dans la composition normative, les différences respectives sont de quelques dixièmes pour le quartz et l'hypersthène, 2 unités pour l'orthose et l'albite, 3 unités pour l'anorthite. Par contre, le gabbro de Waleska n'a pas de corindon virtuel, mais comme le microgabbro A n'en a guère plus d'une unité, la différence n'est pas importante. En résumé, les deux roches sont voisines.

Le microgabbro (B) comporte au I^{er} temps, feldspaths et pyroxènes peu développés, au II^{me} temps, les mêmes minéraux, la magnétite, accompagnés d'un peu de quartz et de mica noir.

Le feldspath est un oligoclase à 25 0/0 d'anorthite; il forme des associations micropegmatiques avec le quartz; il a tendance à s'allonger sur g^1 (010); les pyroxènes sont de l'augite et de l'hypersthène presque également répandus; la proportion des pyroxènes est la même que celle des feldspaths, c'est-à-dire, environ 1/3 de la totalité des éléments; les pyroxènes sont généralement xénomorphes, quelquefois automorphes avec les formes $h^1 g^1 b^x$; ils moulent les feldspaths de sorte que la structure de la roche tend à l'ophitisme. Le quartz est granulitique. La magnétite abonde en cristaux xénomorphes moulant les autres éléments, y compris les pyroxènes et le quartz; sa proportion dans la roche est élevée : environ 1/6.

Les résultats de l'analyse répartissent comme il suit les éléments simples :

<u>SiO²</u>	<u>Al²O³</u>	<u>Fe²O³</u>	<u>FeO</u>	<u>MgO</u>	<u>CaO</u>	<u>Na²O</u>	<u>K²O</u>	<u>TiO²</u>	<u>P²O⁵</u>	<u>Perte au feu</u>	<u>Total</u>
54,10	14,70	2,21	11,50	1,56	6,94	3,47	1,52	2,65	0,37	1,00	100,02

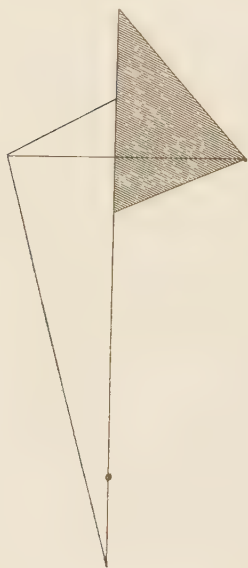
La comparaison de cette analyse avec celle du microgabbro (A) montre des écarts respectifs de quelques dixièmes en soude, 1 unité en sesquioxyde de fer, magnésic et potasse, 2 en alumine et protoxyde de fer, 3 unités en chaux, 4 unités en silice;

ainsi, les teneurs en alcalis sont assez voisines, tandis qu'on trouve un écart plus important pour l'alumine, le protoxyde de fer et la chaux.

La même comparaison avec la microdiorite du Mont de Vahais fait ressortir des différences respectives de quelques dixièmes en alumine et potasse, 1 unité en sesquioxyde de fer, chaux et soude, 4 en magnésie, 6 en silice et protoxyde de fer; ainsi, on n'a d'écarts importants que pour ces 3 derniers éléments.

De même, avec l'analyse relative au microgabbro de Mauny, la comparaison met en relief des écarts respectifs de quelques dixièmes en sesquioxyde de fer, chaux et alcalis, 1 unité en silice, alumine et protoxyde de fer, 2 unités en magnésie.

Ainsi, la composition du microgabbro (B) est très voisine de celle du microgabbro de Mauny, et un peu plus éloignée de celles du microgabbro (A) et de la microdiorite de Vahais.



La représentation graphique en triangles normaux met en évidence la supériorité du triangle ferro-magnésien sur le triangle feldspathique; en outre, le premier est très développé du côté des ordonnées négatives par suite de la richesse en fer; d'autre part, on peut observer que cette figure diffère nettement de celle du microgabbro (A) où l'un des sommets du triangle ferro-magnésien est du côté des abscisses positives; elle se rapproche plutôt de celle de la microdiorite de Vahais, et du microgabbro de Mauny.

La composition normative sera la suivante; d'après les méthodes précédentes de calculs :

Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
7.44	8.90	29.34	20.02	.	12.02	12.60	.	0.67	3.25	5.02	100.26

En comparant ces résultats à la composition normative du microgabbro (A), on observe que le microgabbro (B) comporte plus d'anorthite et d'albite (de 1 à 4 unités), moins de quartz, d'orthose, d'hypersthène (de 5 à 7 unités); en outre, il n'a pas de corindon virtuel et contient une quantité appréciable

ciable de diopside qui fait totalement défaut dans le microgabbro (A); les deux compositions normatives sont donc assez différentes; en particulier, le défaut de diopside dans le microgabbro (A) correspond minéralogiquement à ce fait que la roche contient en réalité peu d'augite et beaucoup d'hypersthène.

Avec la microdiorite de Vahais, les différences respectives sont moindres : quelques centièmes en orthose, 1 unité pour le quartz, 2 pour le diopside; toutefois, on trouve 4 unités d'écart pour l'anorthite et l'hypersthène, 6 pour l'albite; de plus, la microdiorite n'a pas d'apatite, mais cette différence est peu importante puisque le microgabbro en a moins d'une unité.

Avec le microgabbro de Mauny, on compte aussi des écarts faibles : le microgabbro (B) a moins d'orthose, de diopside et d'hypersthène (1 unité environ), plus de quartz et d'anorthite (2 à 3 unités); la teneur en apatite est de même ordre; celle d'albite est la même; ainsi, la composition normative est plus voisine de celle du microgabbro de Mauny que de celle de la microdiorite de Vahais.

La répartition en minéraux virtuels conduit aux paramètres ci-dessous :

$\frac{F}{\text{F}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$	$\frac{\text{fem}}{\text{Fem}}$	$\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{an}} \text{NL}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} \cdot \text{Na}_2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
58,26	65,70	33,56	1,95	0,12	1	$\frac{46}{36} = 0,28$	II (5. 3. 4)

Ce groupe diffère de ceux où se classent le microgabbro A II (4. 3. 3), la microdiorite de Vahais II (4. 3. 4) et le microgabbro de Mauny III (5. 3. 4); néanmoins, on peut

observer que le paramètre $\frac{Q}{F}$ dans le microgabbro B est voisin du chiffre 0,14 qui sert de limite séparative aux ordres 5 et 4,

tandis que le paramètre $\frac{K}{N}$, dans le microgabbro A, est voisin

de la limite 0,60, séparative des subrangs 4 et 3; ces remarques permettent d'atténuer les écarts de groupement pour les deux roches considérées. De même, dans la microdiorite de Vahais, le

paramètre $\frac{Q}{F}$ égal à 0,147 est fort voisin de la limite séparative

0,142 des ordres 5 et 4, de sorte que cette microdiorite se rapproche du microgabbro B. Dans le même ordre d'idées, on

peut observer que le paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ dans le microgabbro de Mauny est égal à 1,61, c'est-à-dire, très peu inférieur à 1,66,

limite séparative des classes II et III : on peut donc rapprocher le microgabbro de Mauny du microgabbro B.

L'étude des paramètres M L conduit aux résultats ci-dessous :

Φ	τ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie					
3,11	0,43	8,78	1,97	(IV,III) (4 2)	alcaline granitique mésozoïque	ferrique mésocatactique					
K	N	C	S _{sal}	F	M	C'	S _x	x%	S _{sal} %	(2K+3n%)	An%
23	52	61	637	408	46	86	360	33,56	42,00	13,4	40

Les caractéristiques de ce magma diffèrent aussi de celles du microgabbro A (IV. V) (3. 3) de la microdiorite de Vahais (III. III) (1. 2), du microgabbro de Mauny (III. III) (3. 2); néanmoins, on peut observer que le paramètre U de la scorie est très proche de la limite 2 séparative des caractéristiques 2 et 3 dans le microgabbro B, tandis que le paramètre Ψ est voisin de la limite 4 séparative des types ferro-magnésien et ferrique; les scories des deux microgabbros sont comparables; de même, dans la microdiorite de Vahais, le paramètre Φ est égal à 2,94, c'est-à-dire très proche de la limite 3 séparative des types IV et III, de sorte que la principale différence avec le microgabbro B réside dans la valeur du paramètre Ψ égal à 1,29 dans la roche de Vahais; pour le microgabbro de Mauny, le paramètre Φ , égal à 2,75 est proche de la limite 3 séparative des types III et IV; par suite, la principale différence avec le microgabbro B consiste dans la valeur du paramètre Ψ égal à 3,35 dans le microgabbro de Mauny : ainsi, la différence est un peu moins grande que dans le cas précédent; elle est cependant assez élevée puisqu'elle compte pour 5 unités.

La comparaison des paramètres de triangles normaux et des pourcentages conduit aux remarques suivantes :

Avec le microgabbro A, les écarts respectifs sont de quelques centièmes dans les deux groupes; les chiffres de pourcentages diffèrent de 10 unités pour x , 7 pour S_{sal} ; $(2k + 3n) 0/0$ est voisin d'une unité.

Avec la microdiorite de Vahais, on compte quelques millièmes d'écarts respectifs pour K, N; quelques centièmes pour C, S_a ; dans le deuxième groupe, quelques millièmes pour C', quelques centièmes pour S_x , quelques dixièmes pour F et M; quant aux pourcentages, ils diffèrent respectivement de 2 à 4 unités.

Avec le microgabbro de Mauny, les écarts respectifs sont

de l'ordre des millièmes pour tout le premier groupe; les autres différences sont de même ordre que dans le cas précédent.

Enfin, on peut rechercher dans le groupe chimique des Andoses, qui comprend 103 roches dans l'ouvrage de M. Washington, les roches comparables au microgabbro B.

(α) Au point de vue chimique seul, la roche la plus voisine est le n° 77, bronzite-tholéite de Martinstein (Prusse rhénane), dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{16}{55} = 0,29$.

La composition en éléments bruts montre des écarts respectifs de quelques centièmes pour la potasse, quelques dixièmes pour la chaux et la soude, 1 unité pour la silice, l'alumine, le sesquioxyde de fer, 4 unités pour la magnésie, 8 pour le protoxyde de fer.

La composition normative fournit pour les deux roches la même teneur en orthose et en quartz; la bronzite-tholéite est plus pauvre en albite de 1 unité, en diopside de 2 unités, en hypersthène de 3 unités; elle est plus riche en anorthite de 4 unités par suite de la légère supériorité de sa teneur en alumine. En somme, ce sont deux compositions normatives très voisines. La structure minéralogique diffère un peu puisque la tholéite est de type ophitique.

(β) Parmi les gabbros, le gabbro n° 63, de Placer County (Californie), dont le paramètre $\frac{K}{N} = \frac{16}{47} = 0,34$, peut être comparé au microgabbro (B).

Les écarts respectifs, dans l'analyse, sont les suivants : zéro pour la potasse, quelques dixièmes pour l'alumine, le sesquioxyde de fer et la soude, 1 unité pour la silice, 3 pour la chaux, 4 pour la magnésie, 6 pour le protoxyde de fer; ainsi, les résultats bruts d'analyse diffèrent davantage que précédemment.

D'après la composition normative, le gabbro de Californie comporte la même quantité d'orthose que le microgabbro B, moins d'hypersthène (1 unité), de quartz (2 unités) et d'albite (5 unités), plus d'anorthite (4 unités) et de diopside (8 unités). Les chiffres de minéraux virtuels s'écarteraient davantage que pour le cas de la bronzite-tholéite.

SOUS-CHAPITRE III. — ANDÉSITES ET BASALTES

ANDÉSITES (Porphyrites).

Au point de vue macroscopique, les andésites se présentent sous l'aspect de roches à pâte vert foncé parsemée de grands cristaux clairs de feldspaths plagioclases, accompagnés, le cas échéant, de phénocristaux d'augite, de magnétite, d'amphibole; les dimensions de ces cristaux ne dépassent pas 2 millimètres en général.

Au microscope, le 1^{er} temps comporte des phénocristaux d'oligoclase le plus souvent; on y rencontre cependant quelquefois aussi, l'orthose (Origné, Argentré), l'augite (Parné, Vimarcé), l'amphibole (Montigné, Saint-Gemmes-le-Robert), la magnétite (Parné); au II^e temps, ce sont généralement des microlites d'oligoclase, plus rarement d'andésine (Argentré, Vimarcé).

En général, les échantillons recueillis sont très altérés : la chlorite, provenant de la décomposition des micas, est particulièrement abondante à Villiers, à Argentré où la délessite se présente en sphérolithes; le sphène, produit d'altération de fer titané, se rencontre à Origné; la calcite remplit les vâcuoles de la roche à Argentré, Origné; le rutil se montre à Montigné; à Parné, le plagioclase est remplacé par du quartz secondaire.

BASALTES (Mélaphyres).

Un pointement de basalte a été reconnu par M. Ehlert, près d'Origné, à la Bouffeyère. D'après la plaque mince communiquée, on peut reconnaître au 1^{er} temps, de l'anorthite en formes nettes, de l'olivine xénomorphe ou maclée en cerf-volant; comme microlites, on trouve du labrador et de l'augite; en outre, la roche est criblée de magnétite, aussi bien au 1^{er} temps qu'au II^e temps; toutefois, les cristaux du 1^{er} temps sont peu développés.

CHAPITRE III

Études comparatives

I. — Etude comparative des divers types de gabbros d'Ernée.

Ainsi qu'on l'a indiqué plus haut, la masse d'Ernée comporte quatre types importants de roches au point de vue de la répartition superficielle : gabbro normal, gabbro-norite, gabbro à olivine, troctolite, avec des roches de passage entre ces divers types. Chacun d'eux a déjà été caractérisé; il ne paraît pas inutile, cependant, de mettre en relief quelques comparaisons.

Tout d'abord, on peut observer que, seules, les deux premières roches présentent, le cas échéant, des types quartzifères ou micacés; en outre, si les trois premières contiennent de la pigeonite, ce minéral n'existe qu'à titre accessoire dans le gabbro à olivine et le gabbro-norite, tandis qu'il peut compter comme élément essentiel dans le gabbro normal; enfin, le degré d'acidité des feldspaths calcosodiques est différent suivant que les roches contiennent ou non de l'olivine; ainsi, pour le gabbro normal, le plagioclase dominant est une andésine de 40 à 53 0/0 d'anorthite, avec une moyenne de 48 0/0; pour le gabbro-norite, c'est aussi une andésine de 40 à 53 0/0, mais avec une moyenne de 46 0/0; pour le gabbro à olivine, le plagioclase oscille entre une andésine à 50 0/0 et un labrador à 73 0/0 avec, comme moyenne, une andésine basique à 58 0/0; pour la troctolite, c'est un labrador à 72 0/0. En somme, la basicité du feldspath calcosodique augmente avec l'apparition de l'olivine dans la roche.

Au point de vue chimique, on peut condenser, dans un tableau, les caractéristiques des quatre roches :

1° Caractéristiques déduites des paramètres américains

Gabbro Normal	Gabbro-norite	Gabbro à olivine	Troctolite
N° 2 III (5.4.4/5)	N° 2 III (5.4.4/5)	III (5.4.4/5)	III (6.4.4/5).
N° 1 II (5.4.4/5)	N° 1 II (4.4.4/5)		

2° Caractéristiques déduites des paramètres M L

N° 2 (V.1) - (1.1)	N° 2 (V.11) - (1.1)	(V.11) - (1.1)	(IV.1V) - (1.2)
N° 1 (VI.111) - (1.1)	N° 1 (VI.11) - (2.2)		

Ces résultats mettent en évidence les caractères communs aux quatre types. Les plus importants sont fournis par les caractéristiques des classe, rang et subrang dans la classification américaine; la constance du paramètre $\frac{K}{N}$ relatif au subrang est surtout remarquable. Le chiffre de l'ordre est le même, en général, pour les trois premières roches, il diffère pour la troctolite qui constitue un gisement d'ailleurs exceptionnel.

Les différences paraissent plus grandes à première vue, avec les caractéristiques des paramètres M L; cependant, la troctolite comporte un magma aberrant par rapport aux trois autres roches. Pour ces dernières, la scorie est, en majorité, de même type; quant à la fumerolle, elle est la même pour le gabbro-norite n° 2 et le gabbro à olivine; elle diffère peu pour le gabbro-norite n° 2 et le gabbro normal n° 2 (Voir page 107).

On est ainsi conduit à envisager tout au moins les trois gabbros comme issus d'un même magma par voie de différenciation; on est d'ailleurs amené à une conclusion de même ordre par la comparaison des résultats bruts des analyses relatives au gabbro normal n° 1, au gabbro-norite n° 2, et au gabbro à olivine: les chiffres respectifs d'éléments simples dans la première roche sont voisins de la moyenne arithmétique des mêmes chiffres dans les deux autres.

II. — Comparaison des divers filons d'Ernée.

On a vu précédemment (sous-chapitre II, livre II) que les six filons étudiés concernent des roches dont la structure minéralogique est différente; on compte, en effet, un type grenu (diorite quartzifère de la Germionnière), deux types microgrenus (microgabbro quartzifère de Mauny et microdiorite du Mont de Vahais), un type ophitique (diabase à biotite des Rondellières), deux types microlitiques (andésite augitique du Moulin à Huile, andésite du château de Panard).

La composition minéralogique des divers filons varie notablement, suivant les cas, ainsi que l'indique l'étude détaillée ; à cet égard, deux roches se rapprochent des gabbros d'Ernée : le microgabbro de Mauny et la diabase des Rondellières ; toutefois, dans le microgabbro, le feldspath dominant est un oligoclase et non une andésine comme pour le gabbro normal ; quant à la diabase, elle comporte surtout de l'andésine à 420/0 comme certains échantillons de gabbro normal, mais elle diffère notablement de ce gabbro par sa richesse en mica noir ; l'andésite augitique du Moulin à Huile contient, comme les gabbros, des feldspaths calcosodiques et de l'augite, mais le feldspath dominant est un oligoclase.

Quant aux autres roches, elles s'éloignent des gabbros par l'absence de pyroxènes ; de plus, le feldspath dominant est encore un oligoclase, sauf dans la diorite de la Germionnière qui contient du labrador ; l'andésite du château de Panard n'a pas de microlites d'augite que l'on trouve dans l'andésite du Moulin à Huile ; les deux diorites se différencient à la fois par leurs feldspaths et par leurs amphiboles : la diorite de la Germionnière comporte du labrador, de la cummingtonite, tandis que la diorite du Mont de Vahais contient de l'oligoclase, de l'albite et de la hornblende ; en outre, on trouve dans la première roche, de la biotite qui fait défaut dans la deuxième.

Au point de vue chimique, on peut rappeler, dans un tableau, les caractéristiques de ces filons :

	Dans les paramètres américains	Dans les paramètres M. L.
Andésite augitique du M ^a à Huile (A)	III (5.3.4)	(IV 11). (2.2)
Microgabbro quartzifère de Mauny (B)	III (5.3.4)	(III 11). (3.2)
Diabase à biotite des Rondellières (C)	II (4.3.4)	(V IV). (2.2)
Microdiorite du M ^a de Vahais (D)	II (4.3.4)	(III 11). (1.2)
Diorite quartzifère de la Germionnière (E)	II (5.4.4/5)	(V IV). (1.1)
Andésite de Panard (F)	II (4.2.4) ou I (4.1.4)	(IV 11). (1.1)

D'après les résultats portés dans la première colonne, un caractère commun est mis en évidence pour toutes ces roches :

la caractéristique constante fournie par le paramètre $\frac{K}{N}$; de plus, les deux premières roches se classent dans le même groupe ; les deux suivantes appartiennent à un groupe différent du premier, avec cependant quelques caractères de

convergence puisque la caractéristique III, dans le microgabbro de Mauny, est proche de II (voir page 123), tandis que les valeurs du paramètre $\frac{O}{F}$ relatif à l'ordre, sont voisines de la limite séparative qui concerne les ordres 4 et 5, pour la diabase des Rondellières et la microdiorite du Mont de Vahais (voir pages 124 et 128); la diorite quartzifère de la Germionnière s'éloigne davantage du groupe des deux premières roches du tableau; mais les caractéristiques relatives à l'ordre et au subrang sont communes; enfin l'andésite de Panard se rapproche du groupe des deux filons des Rondellières et du Mont de Vahais si l'on considère les caractéristiques II (4. 2. 4) où le paramètre $\frac{K^2 O + Na^2 O}{(CaO)}$ relatif au subrang est voisin de la limite séparative des rangs 2 et 3; cette même andésite constituerait un type aberrant avec les caractéristiques I (4. 1. 4).

Si l'on examine ensuite les indications de la deuxième colonne, on trouve des différences plus importantes, à la fois pour la fumerolle et pour la scorie des divers magmas. Néanmoins, il faut observer que ces indications sont susceptibles de quelques correctifs si l'on tient compte des chiffres fournis par les paramètres.

Il peut être intéressant de reporter, dans un tableau spécial, les valeurs de ces paramètres :

		Φ	r	Ψ	U
Andésite	A	3,27	0,34	2,50	1,75
Microgabbro	B	2,75	0,49	3,35	1,79
Diabase	C	3,89	0,58	1,71	1,20
Microdiorite	D	2,94	0,37	1,29	1,12
Diorite	E	3,82	0,85	1,15	0,66
Andésite	F	3,14	0,40	1,49	0,77
		3,20	0,40	1,49	0,79
		3,38	0,40	1,49	0,77

D'une manière générale, l'examen de ces chiffres conduit aux remarques suivantes :

La valeur du paramètre Φ est proche de 3, chiffre qui sert de limite séparative aux types syénitique et alcalino-granitique; pour deux roches, seulement, cette valeur dépasse 3,5, limite séparative des types granito-dioritique et alcalino-

granitique; encore dans ces deux cas, l'excès est-il très faible par rapport à cette limite (moins de 0,40).

La valeur du paramètre r , sauf pour l'andésite A, la diabase C et la diorite E, oscille entre les limites 0,35 et 0,55 du type mésosodique; elle est d'ailleurs très proche de la limite inférieure pour l'andésite A, et de la limite supérieure pour la diabase C, de sorte que, pour la majorité des cas, la valeur du paramètre r s'éloigne en somme fort peu du type mésosodique.

La valeur du paramètre Ψ est comprise entre 1,15 et 3,35; elle est, en majorité, dans le type magnésien-ferrique; on trouve seulement un cas où elle dépasse 3,00 (elle se classe alors dans le type ferro-magnésien) et deux cas où elle est inférieure à 1,5 (elle se classe alors dans le type magnésien). Mais dans ces trois cas, la valeur de Ψ est très voisine soit de la limite supérieure 3, soit de la limite inférieure 1,50.

La valeur du paramètre U est généralement comprise dans le type mésocalcique; elle n'est du type mégacalcique que pour la diorite E et l'andésite F; dans ces deux cas, les chiffres se rapprochent de la limite inférieure (1,00).

D'autre part, on peut trouver, dans le détail, d'autres points de comparaison :

Ainsi, pour l'andésite A, la valeur du paramètre r (0,34) conduit à considérer la seconde caractéristique de fumerolle comme très voisine du type mésosodique; de même, pour le microgabbro B, la valeur du paramètre Φ (2,75) est proche de la limite (3,00) séparative des types syénitique et alcalino-granitique; de la sorte, les caractéristiques des deux magmas sont voisines respectivement des types (IV. III)(2. 2) et (IV. III)(3,2); c'est-à-dire que les magmas sont loin de s'écarter l'un de l'autre autant qu'il semble l'indiquer la simple lecture du tableau. De même, l'examen des valeurs des paramètres r (0,58) et Ψ (1,71) dans la diabase C, Φ (2,94) dans la microdiorite D, indique que l'on peut rapprocher les deux magmas intéressés, respectivement, des types (V. III)(1. 2) et (IV. III)(1. 2). Une critique analogue de la valeur des paramètres U (1,12) de la microdiorite D et Φ (3,82) de la diorite E conduit à rapprocher ces deux magmas respectivement des types (IV. III)(1.1) et (IV. IV)(1. 1). De plus, le premier de ces deux types comporte les mêmes caractéristiques que l'andésite F, ce qui établit une liaison entre ce dernier magma et la microdiorite D.

III. — Etude comparative des filons des feuilles 76 et 77.

Au point de vue minéralogique, les résultats de l'étude détaillée du chapitre II se résument en quelques lignes : la structure peut être grenue, ophitique, avec passage à la structure microlitique; le feldspath dominant est un oligoclase; les pyroxènes sont l'augite comme élément essentiel, la pigeonite comme élément accessoire; exceptionnellement, l'hypersthène peut remplacer l'augite. L'olivine n'a été vue dans aucun échantillon.

Au point de vue chimique, on peut rappeler les caractéristiques fournies par les calculs précédents :

	D'après les paramètres américains		D'après les paramètres M. L.	
Diabase au Taillis	III	(5 3 5)	(III 1)	(2 2)
Microgabbro A de Brée	II	(4 3 3)	(IV V)	(3 3)
Microgabbro B de Brée	II	(5 3 4)	(IV III)	(4 2)

La lecture des caractéristiques de la 1^{re} colonne indique des différences assez grandes entre ces trois filons; il convient néanmoins d'observer, d'après les chiffres mêmes des paramètres intéressés, quelques caractères de convergence; dans la diabase du Taillis, la valeur du paramètre $\frac{Sal}{tem}$ est 1,43, c'est-à-dire très proche de la limite 1,66 séparative des classes II et III; ainsi, les trois roches sont sensiblement de même classe; l'ordre est aussi assez voisin dans les trois cas, car le paramètre $\frac{O}{F}$ est égal 0,20 dans le microgabbro A, c'est-à-dire, proche de la limite séparative 0,14 des ordres 4 et 5; par contre, la valeur du paramètre $\frac{K}{N}$ du microgabbro A (0,62) est supérieure à celle que l'on a trouvée pour la diabase (0,11) et pour le microgabbro B (0,28); ces deux dernières valeurs sont proches de la limite 0,142 des subrangs 4 et 5.

De même, les indications fournies par la 2^e colonne peuvent être complétées par les chiffres de paramètres M. L. :

	Φ	r	Ψ	U
Diabase au Taillis	2,70	0,18	2,41	1,40
Microgabbro A de Brée	3,58	0,31	3,74	2,46
Microgabbro B de Brée	3,11	0,43	3,78	1,97

On voit ainsi que le paramètre Φ , pour les trois magmas a une valeur voisine de 3, limite séparative des types alcalino-granitique et syénitique; le paramètre r oscille entre 0,18 et 0,91, c'est-à-dire qu'il est compris, approximativement, dans les types mégasodique et mésosodique; la variation du paramètre U est plus grande mais se trouve à peu près comprise dans les types ferrique et ferro-magnésien; quant au paramètre U , il varie à peu près entre 1 et 2, c'est-à-dire qu'il concerne presque seulement le type mésocalcique.

Dans le détail, les caractéristiques de la diabase du Taillis se rapprochent du type (IV. 1)(3. 2) qui diffère du microgabbro A surtout par la seconde caractéristique de la fumerolle; les caractéristiques du microgabbro A se rapprochent du type (IV. III)(3. 3) et celles du microgabbro B du type (IV. III) (4.3): ces deux types sont encore séparés par la 2^e caractéristique de fumerolle et la 1^{re} caractéristique de scorie.

IV. — Etude comparative des roches à feldspaths calcosodiques d'Ernée et des feuilles 76, 77.

Une comparaison rapide des groupes examinés dans les trois paragraphes précédents conduit aux observations suivantes :

(a) Caractères minéralogiques. — La structure grenue domine pour la masse d'Ernée; elle existe dans les filons, mais n'y constitue que des types peu fréquents; les structures microgrenue et ophitique sont en majorité dans ces filons; la structure microlitique ne se rencontre que dans les filons, à titre exceptionnel.

Le plagioclase le plus fréquent dans la masse d'Ernée est une andésine acide (gabbro normal et gabbro-norite) ou une andésine basique (gabbro à olivine); c'est un oligoclase dans les types filoniens (Ernée et feuilles 76, 77); un labrador dans la troctolite.

Comme pyroxènes, on trouve, à titre d'éléments essentiels : augite et pigeonite (gabbro normal et gabbro à olivine), hypersthène (gabbro-norite), dans la masse d'Ernée; augite dans les types filoniens d'Ernée et des feuilles 76-77; pour ces derniers, la pigeonite existe, mais comme élément accessoire.

L'amphibole se rencontre comme minéral secondaire en général; elle n'est d'origine primaire que dans quelques filons.

La biotite constitue un élément essentiel seulement dans

quelques filons; elle n'entre qu'à titre accessoire dans les autres roches; elle fait complètement défaut dans le gabbro à olivine.

(b) Caractères chimiques. — Pour cette comparaison, on peut réunir les résultats des calculs précédents en deux tableaux, l'un qui concerne les paramètres américains, l'autre les paramètres M L.

(b ₁)	b. Paramètres américains	$\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$	$\frac{Q}{F}$	$\frac{K^2O + Na^2O}{CaO}$	$\frac{K}{N}$	groupes
	Andésite de Tanara (F)	$\begin{cases} 6,12 \\ 7,03 \end{cases}$	$\begin{cases} 0,22 \\ 0,29 \end{cases}$	$\begin{cases} 1,71 \\ \infty \end{cases}$	$\begin{cases} 0,19 \\ 0,19 \end{cases}$	$\begin{cases} \text{II} (4 \ 2 \ 4) \\ \text{I} (4 \ 1 \ 4) \end{cases}$
	Microgabbro de Brée (a)	3,15	0,20	1,09	0,62	II (4 3 3)
	Diorase des Rondellères (C)	2,08	0,18	0,63	0,38	II (4 3 4)
	Microdiorite au M ^e de Vahais (D)	2,36	0,147	1,44	0,23	II (4 3 4)
	Gabbro-noirite N°1 d'Ernée	2,04	0,16	0,30	0,182	I. (4 4 4/5)
	Microgabbro de Brée (b)	1,95	0,12	1	0,28	II (5 3 4)
	Gabbro normal N°1 d'Ernée	1,77	0,05	0,19	0,24	II (5 4 4/5)
	Diorite de la Gernonnrière (E)	3,03	0	0,33	0,56	II (5 4 4/5)
	Andésite argitique au M ^e Hülle (A)	1,43	0	1,45	0,23	III (5 3 4)
	Microgabbro de Naumy (B)	1,61	0,08	1,21	0,32	III (5 3 4)
	Diorase du Taillio	1,43	0	0,82	0,11	III (5 3 5)
	Gabbro normal N°2 d'Ernée	1,33	0	0,226	0,103	III (5 4 4/5)
	Gabbro à Olivine	1,38	0	0,25	0,161	III (5 4 4/5)
	Gabbro-noirite N°2 d'Ernée	1,22	0,05	0,44	0,12	III (5 4 4/5)
	Troctolite de la Rivaudière	0,73	(0,19)	0,44	0,56	III (4 4 4/5)

Si l'on met à part les chiffres relatifs à l'andésite F qui concernent un échantillon altéré, on est conduit aux observations suivantes :

(α) Le paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$ varie entre 0,73 et 3,15, c'est-à-dire qu'il concerne les classes II et III qui sont voisines; de plus, pour onze roches sur quatorze, sa valeur est voisine de 1,66, c'est-à-dire qu'elle est très proche de la limite séparative des classes II et III.

(β) Exception faite pour le cas de la troctolite où on a employé le paramètre $\frac{N.L}{F}$, le paramètre $\frac{Q}{F}$ va de 0 à 0,20; c'est-à-dire, concerne deux ordres voisins; en outre, pour dix roches sur treize, sa valeur est inférieure à 0,142; pour les trois autres elle ne dépasse que de très peu cette limite, de sorte que presque toutes les roches se placent dans l'ordre 5 ou à son voisinage.

(γ) La valeur du paramètre $\frac{K^2O + Na^2O}{(CaO)}$ varie entre 0,19 et 1,45; elle concerne deux rangs voisins.

(δ) Les chiffres relatifs au paramètre $\frac{K}{N}$ vont de 0,11 à 0,62;

pour sept roches sur quatorze, la valeur de ce paramètre est au voisinage de la limite 0,142 des subrangs 4 et 5.

Dans le détail : le groupe le plus important, au point de vue de la répartition superficielle, est parfaitement homogène, c'est le groupe 111 (5. 4. 4-5). Les autres roches s'éloignent relativement peu de ce groupe; les écarts ne se produisent que par passages insensibles jusqu'au type II (4. 3. 3) qui est le plus éloigné. On peut d'ailleurs rappeler pour mémoire, quelques caractères de convergence précédemment cités au sous-chapitre II; ainsi, par exemple, le filon A est voisin du gabbro-norite n° 2 d'Ernée (page 117); le filon B est à comparer au précédent (page 121); il en est de même pour le filon C et le gabbro-norite n° 1 d'Ernée (page 124); pour les filons C et D (page 128), pour le filon E et le gabbro normal n° 1 d'Ernée (page 131); pour les filons D et F (page 135).

(b_2)

<i>b₂</i> Paramètres magmatiques ML	Φ	r	Ψ	ψ	Fumerolle	Score
Diorase au Taillio	2,70	0,18	2,41	4,40	(III . I)	(2 . 2)
Microdiorite du M ^e de Vahau (D)	2,74	0,37	1,29	4,12	(III . III)	(1 . 2)
Microgabbro de Mauny (B)	2,75	0,49	3,35	4,79	(III . III)	(3 . 2)
Andésite du Moulin à Huile (A)	3,27	0,34	2,50	4,75	(IV . II)	(2 . 2)
Andésite de Janard (F)	$\left\{ \begin{array}{l} 3,14 \\ 3,10 \\ 3,36 \end{array} \right.$	0,40	$\left\{ \begin{array}{l} 1,49 \\ 0,79 \\ 0,77 \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} 0,77 \\ 0,79 \\ 0,77 \end{array} \right.$	(IV . III)	(1 . 1)
Microgabbro de Bree (b)	3,41	0,43	8,78	4,97	(IV . III)	(4 . 2)
Trachyte de la Rivaudière	3,12	0,72	0,35	4,32	(IV . IV)	(1 . 2)
Microgabbro de Bree (a)	3,38	0,91	3,74	2,46	(IV . V)	(3 . 3)
Gabbro norite N°2 d'Ernée	3,67	0,208	4,35	0,91	(V . II)	(1 . 1)
Gabbro à Olivine à Ernée	4,46	0,24	0,88	0,54	(V . II)	(1 . 1)
Diorite de la Genionnière (E)	3,82	0,85	1,15	0,66	(V . IV)	(1 . 1)
Diorase des Rondellères (C)	3,69	0,58	4,71	4,20	(V . IV)	(2 . 2)
Gabbro normal N°2 d'Ernée	4,92	0,13	0,66	0,49	(VI . I)	(1 . 1)
Gabbro-norite N°1 d'Ernée	5,33	0,23	1,61	4,25	(VI . II)	(2 . 2)
Gabbro normal N°1 d'Ernée	5,75	0,38	4,17	0,57	(VI . III)	(1 . 1)

La critique de ce tableau permet quelques remarques :

(α) Le paramètre Φ a des valeurs qui varient de 2,70 à 5,75; dans la répartition des premières caractéristiques de la fumerolle, on compte 5 magmas pour le type IV, et 6 qui sont voisins du type IV (3 appartenant au type III, 3 appartenant au type V); au total 11 magmas sur 15 ont une fumerolle alcalino-granitique ou voisine du type alcalino-granitique.

(β) Les variations du paramètre r oscillent de 0,13 à 0,91; 5 magmas ont une 2^e caractéristique de fumerolle classée dans

le type III, deux autres se rapprochent de ce type (1 dans le type II, 1 dans le type IV); au total, 7 magmas sur 15 ont une fumerolle mésosodique ou de type voisin.

(γ) Les valeurs du paramètre Ψ vont de 0,35 à 8,78; 8 magmas comportent le type 1, comme 1^{re} caractéristique de la scorie; deux autres, du type 2, sont voisins du type 1, de sorte que l'on compte 10 magmas à scorie magnésienne ou voisine de ce type.

(δ) Le paramètre U va de 0,49 à 2,46; 6 magmas ont le type 1, comme 2^e caractéristique de scorie, et 5 appartenant au type 2, sont proches du type 1 : en somme, 11 magmas ont une scorie mégacalcique ou voisine de ce type.

En ce qui concerne tout spécialement les roches qui occupent à Ernée, sur le terrain, la plus grande étendue, on trouve aussi un groupe assez homogène répondant à un magma dont la fumerolle est granito-dioritique et mégasodique, et la scorie magnésienne et mégacalcique. Il existe, en outre, pour certains filons, des caractères de convergence avec les gabbros d'Ernée, comme on l'a vu dans les études de détail.

V. — Etude comparative avec les gabbros du Pallet et les gabbros du Minnesota.

On peut enfin comparer le gabbro d'Ernée avec deux gisements de gabbro étudiés en détail par d'autres auteurs : Gabbro du Pallet (*Bull. carte géolog.*, mars 1899) par M. Lacroix Gabbro du Minnesota (Thèse présentée en 1900 par M. A. Winchel).

(1) *Comparaison avec le gabbro du Pallet.*

(a) Caractères minéralogiques. — Le gabbro dominant au Pallet est un type à olivine, tandis que dans le gisement d'Ernée le gabbro à olivine occupe à peu près la moitié de la masse; les deux gisements comportent des gabbros-norites; mais ces derniers types n'existent qu'à titre accessoire au Pallet, tandis qu'à Ernée ils constituent une portion importante de la masse.

Le feldspath calcosodique, au Pallet, va du labrador au labrador-bytownite; celui du gisement d'Ernée est une andésine pour le gabbro normal et le gabbro-norite, un labrador pour le gabbro à olivine.

L'altération de l'olivine, dans les deux gisements, ne se

produit que pour le cas où l'olivine est en contact avec un feldspath; mais, le mode d'altération comporte une différence capitale : au Pallet, il comporte des zones concentriques d'actinote et de pyroxène; à Ernée, ce sont des zones concentriques de hornblende, avec formation d'éponges d'albite et de hornblende aciculaire.

(b) Caractères chimiques. — Les analyses de gabbros du Pallet sont nombreuses (M. Lacroix en indique 8); on peut rappeler simplement ici, la moyenne *j* de 2 gabbros labradoriques, *i* de 6 norites andésitiques :

	SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
I	53,30	25,40	1,81	8,38	4,00	2,00	3,30	0,70	"	"	0,70	99,59
J	49,53	21,00	2,76	7,94	6,58	10,08	2,44	0,24	"	"	0,40	100,97

Ces chiffres montrent que la norite moyenne *i* du Pallet est plus riche en alumine et en alcalis, plus pauvre en magnésie et en chaux que les gabbros-norites d'Ernée; la moyenne *j* de gabbro (à olivine) du Pallet est à comparer avec l'analyse du gabbro à olivine d'Ernée : cette moyenne est plus riche en alumine et en soude, plus pauvre en magnésie, chaux et potasse que le gabbro à olivine d'Ernée.

Les compositions normatives de ces moyennes *i* et *j* seront les suivantes :

	Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total après 10% de perte au feu
I	15,00	3,89	27,77	10,01	15,61	"	23,99	"	"	2,55	"	99,52
J	"	1,67	20,44	45,59	"	3,40	21,11	4,22	"	4,18	"	101,01

La moyenne *i* de norites du Pallet est plus riche en quartz, orthose et albite; plus pauvre en anorthite, diopside, hypersthène que la moyenne des gabbros-norites d'Ernée; la moyenne *j* de gabbros du Pallet est plus riche en anorthite, albite, hypersthène, plus pauvre en orthose, diopside, olivine que le gabbro à olivine d'Ernée.

Les caractéristiques seront, d'après la composition normative précédente, dans la classification américaine :

	F	Sal	fem	Sal fem	Q ou Na ₂ F	K ² O-Na ² O CaO	K N	Groupe
I	41,67	72,28	26,64	2,72	0,36	1,66	$\frac{7}{33} = 0,13$	II (4, 2½ 5)
J	67,70	67,70	32,01	2,05	0	0,25	$\frac{3}{39} = 0,07$	II (5 4 4½ 5)

La moyenne de norites *i* du Pallet se rapproche ainsi du gabbro-norite n° 1 d'Ernée II (4. 4. 4-5); la moyenne des gabbros *j* du Pallet diffère, par la classe, du gabbro à olivine d'Ernée III (5. 4. 4-5); toutefois, le paramètre $\frac{\text{Sal}}{\text{Fem}}$ de ce dernier gabbro a une valeur de 1,38, de sorte qu'il est proche de la classe II dont la limite séparative inférieure est 1,66.

Les paramètres magmatiques M L donnent les caractéristiques suivantes :

	Φ	τ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumerolle	Scorie
I	6,94	0,21	2,54	5,09	(VI. II) (2. 3)	tonalitique mégaoudique	magnésienne ferrique microcalcique
J	9,31	0,09	1,62	1,06	(VI. I) (2. 2)	tonalitique pérodique	magnésienne ferrique microcalcique

La moyenne de norites *i* est voisine du gabbro-norite n° 1 d'Ernée (VI. II) (2. 2); la moyenne de gabbros *j* du Pallet diffère davantage du gabbro à olivine d'Ernée (V. II) (1. 1); toutefois on doit observer que le gabbro à olivine d'Ernée, d'après les valeurs de paramètres magmatiques, est voisin du type (VI. II) (1. 1) qui diffère de la moyenne *j* par la scorie seulement.

(2) Comparaison avec le gabbro du Minnesota

(a) Caractères minéralogiques. — Le type le plus répandu, au point de vue superficiel, est, comme au Pallet, un gabbro à olivine; le gisement se différencie donc à cet égard du massif d'Ernée où le gabbro *sensu stricto* ou gabbro normal, et le gabbro-norite occupent ensemble autant de superficie que le gabbro à olivine; on trouve, en outre, comme à Ernée, la troctolite, il y a, de plus, une norite à cordiérite et une anorthosite que l'on ne trouve pas à Ernée.

Le feldspath calcosodique est un labrador, comme pour le gabbro à olivine d'Ernée; les pyroxènes sont de l'augite et de la pigeonite pour le gabbro, comme à Ernée; les pyroxènes de la norite sont de l'enstatite et de la bronzite, tandis qu'à Ernée c'est de l'hypersthène. En outre, la pigeonite du gabbro de Minnesota est à axes plus rapprochés que celle du gabbro d'Ernée. L'altération de l'olivine présente deux types différents : soit la serpentinisation, soit la formation de biotite secondaire; on n'a pas d'éponges d'albite et hornblende aciculaire comme à Ernée.

(b) Caractères chimiques. — Parmi les analyses de M. Win-

chell, on peut retenir celles du gabbro à olivine, de la norite à cordiérite et de la troctolite :

	SiO ²	Al ² O ³	Fe ² O ³	FeO	MgO	CaO	Na ² O	K ² O	TiO ²	P ² O ⁵	Perte au feu	Total
Gabbro à Olivine	47,70	19,04	0,87	8,84	8,65	8,96	2,53	0,53	1,80	•	1,38	100,30
Norite	52,84	23,62	0,65	10,00	9,59	3,92	2,64	0,67	•	•	1,87	99,80
Troctolite	35,81	14,32	7,38	15,25	10,67	7,23	2,06	0,37	1,30	•	5,23	99,62

Si l'on compare aux roches correspondantes d'Ernée, on voit, respectivement, que la 1^{re} est plus pauvre en chaux et en soude que celle d'Ernée; la 2^e est plus riche en alumine, plus pauvre en magnésie, chaux et potasse que les gabbro-norites d'Ernée; la 3^e plus riche en soude, plus pauvre en magnésie et potasse que la troctolite d'Ernée; pour ces troctolites, la perte au feu est fort élevée dans les deux types du Minnesota et d'Ernée.

Les compositions normatives seront les suivantes :

	Q	Or	Ab	An	Co	Di	Hyp	Ol	Ap	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
Gabbro à Olivine	•	3,34	20,96	38,92	•	4,51	11,92	14,26	•	1,16	3,50	99,85
Norite	13,02	9,89	22,53	19,46	11,32	•	24,72	•	•	0,93	•	99,74

	Or	Ab	An	Le	Ne	Di	Ol	Mag	Ilm	Total y compris la perte au feu
Troctolite	2,22	7,86	28,63	•	5,11	5,91	30,56	10,67	4,41	100,60

Le gabbro à olivine du Minnesota, comparé à celui d'Ernée, comporte des chiffres virtuels respectivement voisins comme feldspaths, hypersthène, olivine; il est un peu plus riche à cet égard que celui d'Ernée; par contre, il est notablement plus pauvre en diopside : 18 unités d'écart environ.

La norite du Minnesota a une composition virtuelle voisine de celle du gabbro-norite n° 1 d'Ernée, sauf en ce qui concerne la teneur en anorthite : le gabbro-norite est notablement plus pauvre (de 16 unités); le gabbro-norite n° 2 d'Ernée a seulement 6 unités de moins comme anorthite, mais s'écarte notablement en diopside, où il comporte 18 unités de moins, et en quartz où il compte 10 unités de plus que la norite du Minnesota.

La troctolite du Minnesota s'écarte de celle d'Ernée surtout par la teneur en albite et olivine, elle est plus riche en albite de 6 unités environ et plus pauvre en olivine de 15 unités; de plus, elle ne comporte pas de leucite virtuelle alors que la troctolite d'Ernée en a près de 3 unités.

Les paramètres américains déduits des calculs précédents seront indiqués ci-dessous :

	F	Sal	fem	$\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$	$\frac{\text{Q}_{\text{NaNL}}}{\text{F}}$	$\frac{\text{K}^2\text{O} \cdot \text{Na}^2\text{O}}{\text{CaO}}$	$\frac{\text{K}}{\text{N}}$	Groupe
Gabbro à Olivine	63,22	63,22	35,35	1,78	0	0,32	0,15	III (5,4, 4/5)
Norite	45,88	70,22	27,65	2,53	0,28	0,71	0,16	II (4,3, 4)
Troctolite	38,71	43,82	51,55	0,85	0,13	0,35	0,12	III (5,4 4/5)

Le gabbro à olivine se classe dans le même groupe que celui du gabbro à olivine d'Ernée; ces deux roches ont pour le paramètre $\frac{\text{K}}{\text{N}}$ des valeurs différant seulement de 0,01.

La norite appartient à un groupe différent de celui des gabbros-norites d'Ernée [II (4. 4. 4-5) pour le gabbro-norite n° 1, III (5.4. 4-5) pour le gabbro-norite n° 2]; mais, on doit observer que dans la norite du Minnesota $\frac{\text{Sal}}{\text{fem}}$ est voisin de 1,66, c'est-à-dire que la classe est proche du type II, $\frac{\text{K}^2\text{O} + \text{Na}^2\text{O}}{\text{CaO}}$ est voisin de 0,60, c'est-à-dire que le rang est voisin du type 4; $\frac{\text{K}}{\text{N}}$ est voisin de 0,14, c'est-à-dire que le subrang est voisin du type 5; en somme, la norite du Minnesota se rapproche du groupe où est classé le gabbro-norite n° 1 d'Ernée.

Les troctolites du Minnesota et d'Ernée appartiennent à des groupes différents, la seconde ressortissant du groupe III (6.4. 4-5); toutefois, le paramètre $\frac{\text{N.L}}{\text{F}}$ dans la première est voisin de 0,14, limite séparative des ordres 5 et 6, de sorte que la différence est atténuée de ce fait; par contre, le paramètre $\frac{\text{K}}{\text{N}}$ diffère assez dans les deux roches puisque, pour celle d'Ernée, il est très voisin de 0,60, limite séparative des subrangs 3 et 4-5.

Les valeurs calculées pour les paramètres M L conduisent aux résultats ci-dessous :

	Φ	τ	Ψ	U	Caractéristiques	Fumicrolle	Score
Gabbro à Olivine	3,87	0,21	1,12	1,08	(VII) (11)	granito dioritique mégaocrélique	magnésienne mégaocrélique
Norite	4,42	0,25	2,96	2,71	(VII) (2,2)	granito dioritique mégacrélique	magnésienne ferrique, mégaocrélique
Troctolite	3,09	0,18	2,12	3,13	(IV 1) (2,3)	alcalino granitique, péridotique	magnésienne ferrique, microcrélique

Les caractéristiques des magmas de gabbros à olivine du Minnesota et d'Ernée sont les mêmes; celles du magma de la norite du Minnesota diffèrent de celles des magmas de gabbros-norites d'Ernée (VI. II)(2. 2) pour le n° 1 (V. I/II)(1.1) pour le n° 2; avec le magma du gabbro-norite n° 1 d'Ernée, la différence ne porte que sur la 1^{re} caractéristique de fumerolle; cette différence s'atténue parce que le paramètre Φ de la norite est très voisin de 4,50, limite séparative des types V et VI de cette caractéristique. Quant à la troctolite du Minnesota, elle comporte un magma assez différent de celui de la troctolite d'Ernée (IV, II) (1. 2); cependant, la valeur du paramètre r dans la 1^{re} roche est très voisine de la limite 0,20 des types persodique et mégasodique; mais, si les fumerolles sont en somme assez voisines, les scories sont nettement différentes.

En résumé, les gabbros à olivine des deux gisements considérés sont comparables au point de vue minéralogique et chimique; la norite du Minnesota s'éloigne un peu des gabbros-norites d'Ernée; les troctolites ont moins de caractères communs.

CONCLUSIONS

En ce qui concerne la question d'âge des masses granitiques de la bordure sud-est du massif armoricain, je pense être parvenu à démontrer que la montée du magma s'est prolongée jusqu'au dévonien inférieur. Le métamorphisme du magma granitique sur les roches de bordure comporte quatre modes différents.

1) Phénomènes d'injection dans les filons siluriens de gabbro à Brée-Neau; cette injection, d'après l'étude microscopique, est accompagnée dans certains cas d'endomorphisme.

2) Pénétration, par circulation simple, entre les bancs de quartzites siluriens à Vieuxvy, entre ceux de quartzites dévoniens à Balazé; cette pénétration comporte, à Vieuxvy, une modification endomorphe du granite qui devient microgrenu et dont la biotite est remplacée par un mica blanc.

3) Apport de minéraux néogènes dans les quartzites siluriens de la Médière et du Taillis, dans les quartzites dévoniens de Châtillon-en Vendelais.

4) Endomorphisme par modification de structure et substitution de mica blanc à la biotite au contact des quartzites siluriens de Brée, Neau, Gesvres, Vieuxvy, La Bigottière.

Incidemment, cette étude m'a conduit à déplacer quelque peu la limite de certains contacts granitiques et à rejeter l'existence de failles signalant des contacts anormaux sur les feuilles 76 et 77 de la carte géologique.

L'étude descriptive des roches de la famille des granites m'a permis d'indiquer la répartition des divers types (granites, microgranites, rhyolites); et la place des différents minéraux accessoires aux affleurements. Pour les granites, j'ai été amené ainsi à reconnaître la fréquence de types à cordiérite; l'examen de certaines plaques minces (Etang des Trois Soulaïres à Neau) a mis en relief un phénomène intéressant d'albitisation. Dans les microgranites, le type dominant comporte les deux temps de cristallisation, avec la présence constante de biotite dans la pâte microgrenue; de plus, le second temps fournit des

types de passage aux rhyolites pétrosiliceuses et aux rhyolites à quartz globulaire. Quant aux rhyolites, elles sont ou porphyriques, ou réduites à une pâte suivant les cas : Contrairement à ce que j'ai remarqué pour les microgranites, la biotite existe toujours en phénocristaux ; la pâte du 2^e temps est à quartz globulaire, pétrosiliceuse, à micropegmatite à étoilement ou bien sphérolithique ; je n'ai pas trouvé de types vitreux, mais par contre, il existe des cas où la pâte, primitivement vitreuse, est devenue cristalline par action secondaire.

La discussion de la composition chimique de ces roches a été faite d'après la méthode américaine et d'après la méthode Michel Lévy ; les principaux résultats de cette étude peuvent se condenser comme il suit :

(a) Les caractéristiques du magma du granite lui-même, répondent au type I (4. 2. 3), avec des chiffres voisins du type I (3. 2. 3), dans la classification américaine ; quant aux paramètres magmatiques M L, ils conduisent au type (V.V) (2.2), voisin du type (V.V) (1.3) ; dans les roches indiquées au groupe intéressé de l'ouvrage de M. Washington, le granite de la région étudiée est comparable à un granite à biotite de Crimée.

(b) Les microgranites de contacts siluriens se placent chimiquement dans deux groupes différents ; l'un d'eux est voisin du granite de la masse générale ; il concerne les roches de la Bertais (Vieuxvy) et de La Chaussée (Gesvres) ; l'autre groupe, qui comprend les roches de La Bigottière (Saint-Germain-le-Guillaume) et de la Bondie (Brée), s'éloigne un peu de ce type ; ses caractéristiques diffèrent surtout par le subrang (5 au lieu de 3), dans la classification américaine et par le paramètre *r* de la fumerolle M L qui concerne un type persodique. D'après la comparaison avec les roches classées dans l'ouvrage de M. Washington ; le microgranite de la Bertais se place entre un granite de Grossachsener et un porphyre quartzifère de la Forêt-Noire ; le microgranite de la Chaussée est comparable à une granitite d'Heidelberg, le microgranite de la Bigottière se rapproche d'une liparite du Mont Castel (Crimée) et la micropegmatite de la Bondie d'une aplite de Rostellec (Bretagne).

(c) Le magma des rhyolites carbonifères a pour caractéristiques, sauf pour la rhyolite de Bonne, I (3. 1. 3) dans la classification américaine et (V.V.) (1. 3) dans la classification M L ; ce sont des types voisins de celui du magma du massif

granitique silurien; chez la rhyolite de Bonne, le type du magma se définit par les caractéristiques I (4. 1. 4) de la classification américaine, (V. IV) (4. 3) de la classification M L; ce magma s'éloigne assez peu de celui du granite indiqué au § a; d'après l'ouvrage de M. Washington, les équivalents de ces magmas rhyolitiques seront respectivement : un porphyre quartzifère de la Forêt-Noire pour la rhyolite du Clou (Soulgé-le-Bruant), une rhyolite de Montana pour la rhyolite de Bonne, une rhyolite d'Omahu (Nouvelle-Zélande) pour la rhyolite de la Poulinière.

En somme, l'ensemble des roches de la famille des granites se classe dans un groupement peu différencié au point de vue magmatique, quels que soient la structure minéralogique et l'âge de ces roches, de plus, on constate de nombreuses affinités chimiques entre ces roches et les types correspondants de la région nord du massif central.

Pour les roches de la famille des syénites, le travail présenté a conduit à des résultats d'ordres divers : l'étude minéralogique des inclusions reconnues dans les micas de la syénite d'Ernée a fourni des renseignements nouveaux sur l'existence de pseudomorphoses à orientation géométrique de brookite en rutile; d'autre part, la localisation des affleurements de roches éruptives contenant de la brookite a donné une documentation nouvelle sur la probabilité de l'existence de certains courants dans les mers du bassin de Paris à l'époque crétacée : j'ai été conduit à admettre l'existence de deux courants, l'un d'origine septentrionale, l'autre d'origine méridionale; ce dernier a pénétré dans les vallées actuelles de la Loire, du Cher et du Loir, au turonien supérieur; une récurrence de ce courant s'est produite, lors du sénonien inférieur, dans la vallée du Loir seulement.

Au point de vue chimique, l'albitophyre du Bégon, représentant microlitique des syénites, a seule été étudiée, parce qu'elle constitue un affleurement assez important en superficie; ses caractéristiques magmatiques sont I (4. 1. 5) dans la classification américaine, (V. I) (4. 3) dans la classification M L; l'étude détaillée des paramètres permet de placer ce magma au voisinage de ceux du microgranite de la Bigottière, du microgranite de la Bondie et de la rhyolite pétrosiliceuse de Bonne; ce n'est donc pas un type aberrant dans la série précédente.

Par comparaison avec les collections d'analyses de roches réunies par M. Washington, le magma de cet albitophyre a

pour équivalents ceux d'une rhyolite sodifère de Berkeley (Californie) et d'une porphyrite albitique de Pozoritta (Autriche).

La monographie du massif gabbroïque d'Ernée a démontré que ce gisement comporte des roches à structure variée (grenue, microgrenue, ophitique, microlitique); la majeure partie de la masse comprend quatre types minéralogiques : gabbro normal, gabbro à olivine, gabbro-norite, troctolite; la répartition de ces types divers a été indiquée sur une carte, d'après les affleurements soigneusement repérés; indépendamment de ces roches, l'étude a mis en relief l'existence de types filoniens, les uns à feldspaths alcalins, les autres à feldspaths calcosodiques; les premiers sont grenus, les seconds sont microgrenus, ophitiques, microlitiques.

L'étude minéralogique a fait ressortir quelques résultats que l'on peut condenser comme suit, en ce qui concerne la masse principale :

(a) Feldspaths. — Le pourcentage en anorthite des plagioclases est en moyenne de 46 0/0 chez le gabbro-norite, 48 0/0 pour le gabbro normal, 58 0/0 dans le gabbro à olivine, 72 0/0 pour la troctolite; ainsi, l'acidité du feldspath va en diminuant, du gabbro-norite à la troctolite; elle s'abaisse notablement lors de l'apparition de l'olivine.

(b) Pyroxènes. — Une variété spéciale d'augite à axes peu écartés (pigeonite) a été reconnue dans le massif gabbroïque; elle peut exister à titre essentiel dans le gabbro normal, mais n'entre qu'à titre accessoire dans les deux autres. La pigeonite des roches d'Ernée a une valeur voisine de 60° pour l'écartement des axes optiques dans l'air (2E), ce qui indique une teneur en magnésie moins grande que chez certains pyroxènes du même groupe dans lesquels l'angle des axes optiques devient nul. L'examen de nombreuses plaques minces a démontré que la pigeonite résiste en général à l'altération, tandis que l'augite est fréquemment ouralitisée.

(c) Olivine. — Le gabbro d'Ernée comporte une particularité minéralogique intéressante en ce qui concerne le périclote : comme au Pallet, l'examen des plaques minces montre que l'olivine reste intacte lorsqu'elle est en contact avec des pyroxènes seulement, tandis qu'elle est transformée facilement si le minéral est au voisinage d'un feldspath; mais, alors qu'au Pallet, la transformation comporte la formation de zones concentriques d'actinote et de pyroxène, on trouve à Ernée une association d'albite en plage dentelli-

forme et de hornblende aciculaire; cette association est accompagnée, parfois d'une ou plusieurs zones d'amphibole secondaire.

La disposition de ces plages d'albite dans les plagioclases basiques de gabbros rappelle celle de la myrmékite dans les feldspaths alcalins des granites.

(d) Quartz et Mica. — En règle générale, l'apparition de l'olivine comporte l'exclusion de ces deux minéraux dans la roche.

L'étude chimique, en raison de la grande variation de types minéralogiques, a nécessité 17 analyses : 6 pour les gabbros et la troctolite de la masse générale, 9 pour les filons à feldspaths calcosodiques, 1 pour un filon à feldspaths alcalins, 1 pour le granite de bordure; les calculs de paramètres ont permis de classer les magmas de la manière suivante :

(α) Massif gabbroïque d'Ernée. — Dans l'ensemble, le gabbro normal, le gabbro-norite et le gabbro à olivine appartiennent au type III (5, 4, 4-5) de la classification américaine; la troctolite s'en éloigne peu avec le type III (6, 4, 4-5); en outre, on doit ajouter que le gabbro normal, si l'augite y prédomine sur la pigeonite, se classe dans le type II (5. 4. 4-5) et que le gabbro-norite, s'il est pauvre en hypersthène, se classe dans le type II (4. 4. 4-5). L'étude détaillée a permis de démontrer la parenté chimique des différents types; la constance du paramètre $\frac{K}{N}$, relatif au subrang, est nettement établie.

Les paramètres magmatiques M L fournissent des résultats de même ordre; ainsi, pour les gabbros, Φ est compris entre 3,67 et 5,75, r entre 0,13 et 0,38, U' entre 0,66 et 1,61, U entre 0,49 et 1,25; ce sont des limites assez restreintes : le magma moyen incline vers un type à fumerolle granito-dioritique et mégasodique, avec scorie magnésienne et mésocalcique; la troctolite s'éloigne seulement de ce magma moyen par le type mésopotassique de la scorie.

De toutes ces données, j'ai conclu que ces divers types minéralogiques de gabbros proviennent d'un même magma, par voie de différenciation.

(β) Filons à feldspaths calcosodiques de la région d'Ernée. — Dans la classification américaine, ces roches comportent trois types : III (5. 3. 4), II (4. 3. 4), II (4. 2. 4); les valeurs des paramètres ont montré qu'il existe des termes de passage

entre ces trois types, et qu'en outre, on y trouve des caractères de convergence avec le magma du massif gabbroïque.

Les paramètres magmatiques M L conduisent à quelques remarques : Φ est voisin de 3, r varie de 0,35 à 0,55, Ψ oscille entre 1,15 et 3,35, U entre 0,66 et 1,79; en somme, le magma filonien s'éloigne peu d'un type à fumerolle alcalino-granitique et mésosodique, avec scorie magnésienne ferrique et mésocalcique; c'est un magma de même ordre que celui du massif gabbroïque.

(γ) Filons à feldspaths calcosodiques des feuilles 76 et 77 de la carte géologique. — Les trois filons analysés répondent aux types III (5. 3. 5) — II (4. 3. 3) — II (5. 3. 4) de la classification américaine; les chiffres fournis par le calcul des paramètres montrent des caractères de convergence entre ces trois types, entre les filons (γ) et (β), entre les roches (α), (β) et (γ).

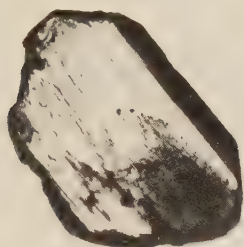
Si l'on examine les paramètres M L, on observe les variations ci-dessous : Φ est voisin de 3, comme pour les filons (β); r va de 0,18 à 0,91; Ψ de 2,41 à 8,78; U de 1,40 à 1,97; le type moyen du magma serait à fumerolle alcalino-granitique et mésosodique, avec scorie ferrique et mésocalcique; il s'éloigne du précédent par la première caractéristique de la scorie dont l'élément magnésien est faible.

(δ) Filon à feldspath alcalin du massif d'Ernée. — Le magma du seul filon analysé a pour caractéristiques I (4. 1. 3) dans la classification américaine, (III, V) (2. 2) dans la classification M L : il est comparable à celui de la masse granitique principale de la bordure sud-est du massif armoricain.

(ϵ) Granite limitrophe d'Ernée. — Ce magma répond au type II (3. 1. 3) de la classification américaine, (VI, V) (3. 3) de la classification M L : il se rapproche de celui du microgranite de la Bertais (Vieuxvy).

Enfin, il est bon d'observer que les types chimiques de roches α , β , γ , δ , ϵ comportent, en majorité, des équivalents dans la série des roches réunies par M. Washington. Seuls, la troctolite de la Rivaudière et le granite de la Jousserie font exception.

BROOKITE PROVENANT D'UNE SYÉNITE D'ERNÉE.



Gross.: 220 diam.

Le cristal est en forme de tablette aplatie suivant h_1 .
La partie ombrée concerne la pseudomorphose en rutile.

GABBRO-NORITE DU CHEMIN DE CARELLES.



Gross.: 65 diam.

1. Association d'augite et d'hypersthène en structure eutectique.

GABBRO A OLIVINE DE LA GARE D'ERNÉE.



Gross.: 35 diam.

1. Cristaux xénomorphes de hornblende entourés d'une zone dentellée d'albite et hornblende aciculaire. — 2. Pyroxène ouralitisé. Les autres cristaux maclés sont des feldspaths primaires. L'olivine a été complètement résorbée.

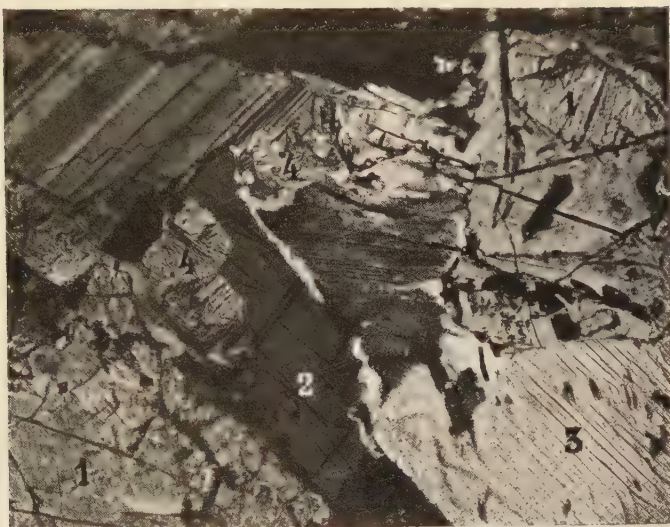
GABBRO A OLIVINE DE LA GARE D'ERNÉE.



Gross.: 65 diam.

Eponge d'albite et hornblende secondaires incluses dans un feldspath primaire.

GABBRO A OLIVINE DES BOISSIÈRES



Gross : 75 diam

1. Olivine. — 2. Feldspath primaire. — 3. Pyroxène. — 4. Zone dentelée d'albite et hornblende secondaires au contact de feldspaths primaires. Le contact 1/3 avec le pyroxène est indemne.

GABBRO A OLIVINE DU BIZEUL.



Gross.: 45 diam.

1. Olivine.— 2. Feldspath primaire.— 3. Pyroxène.— 4. Albite et hornblende secondaires au contact du feldspath primaire. Le contact 1,3 avec le pyroxène est indemne.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

(I) But du travail.....	5
(II) Bibliographie.....	6
(III) Résumé géologique :	
§ 1 ^{er} . Répartition géographique des dépôts.....	6
§ 2. Facies.....	10
§ 3. Stratigraphie.....	12
(IV) Répartition des roches éruptives :	
§ 1 ^{er} . Famille des granites.....	13
§ 2. Famille des syénites.....	14
§ 3. Famille des roches à feldspaths calcosodiques.....	15

LIVRE I. — ROCHES A FELDSPATHS ALCALINS

CHAPITRE I^{er}. — FAMILLE DES GRANITES.

(A) *Age des contacts granitiques :*

(I) Argentré du Plessis (schistes précambriens).....	18
(II) Saint-Georges-sur-Erve (poudingue pourpré).....	19
(III) Saint-Georges-sur-Erve, Brée, Neau (schistes et calcaires magnésiens du cambrien inférieur)....	21
(IV) Gesvres (grès ferrugineux de Blandouët du cambrien supérieur).....	26
(V) Vieuxvy (grès armoricain de l'ordovicien inférieur)	27
(VI) Le Taillis (grès armoricain de l'ordovicien inférieur).....	29
(VII) La Bigottière (grès culminant du gothlandien inférieur).....	30
(VIII) Balazé et Châtillon-en-Vendelais (schistes et quartzites du dévonien inférieur).....	31
(IX) Saint-Mhervé (schistes et quartzites du dévonien inférieur.....)	32

(X) La Croixille (schistes et quartzites du dévonien inférieur)	32
(XI) Argentré du Plessis (culm du dinantien inférieur) ..	33
(XII) Résumé.....	33
(B) <i>Etude descriptive</i> :	
§ 1 ^{er} Granites	34
§ 2. Microgranites.....	39
§ 3. Rhyolites.....	47
§ 4. Etude comparative des trois groupes précédents..	52
§ 5. Etude comparative avec les roches du Plateau Central.....	54

CHAPITRE II. — FAMILLE DES SYÉNITES.

(A) <i>Syénites</i> :	
§ 1 ^{er} . Syénite albitique d'Ernée et Syénite de la Ballerie	55
§ 2. Brookite :	
(α) Procédés d'extraction :	
(a) Poudre à gros grains.....	58
(b) Poudre impalpable.....	59
(β) Résultats minéralogiques.....	60
(γ) Conséquences pour l'étude des courants du bassin de Paris à l'époque secondaire.....	62
(B) <i>Trachytes</i> :	
Orthophyres et albitophyres	64

LIVRE II. — FAMILLE DES ROCHES A FELDSPATHS CALCOSODIQUES

CHAPITRE I^{er}. — RÉGION D'ERNÉE-FOURBOIS.

SOUS-CHAPITRE I. — *Massif d'Ernée-Fourbois* :

§ 1 ^{er} . INTRODUCTION	69
Gisement et âge	69
Dénomination, types divers de roches	71
Relations réciproques sur le terrain.....	71
Types divers de gabbros (description macroscopique, constitution minéralogique).....	73
§ 2. Gabbro normal { étude microscopique.....	75
étude chimique.....	83
§ 3. Gabbro à olivine { étude microscopique; albiti-	
sation	88
étude chimique.....	97
§ 4. Gabbro-norite { étude microscopique.....	102
étude chimique	104
§ 5. Troctolite { étude microscopique.....	113
étude chimique	114

SOUS-CHAPITRE II. — *Filons dans le massif d'Ernée* :

INTRODUCTION	117
(A) Andésite augitique du Moulin à Huile	117
(B) Microgabbro quartzifère de Mauny	121
(C) Diabase à biotite du bois des Rondellières	124
(D) Microdiorite du mont de Vahais	128
(E) Diorite quartzifère de la Germionnière	131
(F) Andésite du château de Panard	135
(G) Granulites des Rondellières et de la gare d'Ernée ..	140
(H) Micropegmatite du Bizeul	141
(I) Aplite de la Rivaudière	144

SOUS-CHAPITRE III. — *Roches en contact avec le massif d'Ernée* :

(A) Granite	145
(B) Schistes précambriens	148

CHAPITRE II. — RÉGIONS DES FEUILLES 76 (LAVAL) ET 77 (MAYENNE) DE LA CARTE GÉOLOGIQUE.

SOUS-CHAPITRE I^{er}. — *Étude générale (à l'exception de la région Brée et Neu) des filons de roches à feld. calcosodiques* :

Répartition	149
Étude macroscopique, microscopique, chimique.	
(α) Gabbros	150
(β) Diabases	151
(γ) Diabases passant aux andésites	152

SOUS-CHAPITRE II. — *Région de Brée et Neu* :

Étude macroscopique, microscopique, chimique...	156
---	-----

SOUS-CHAPITRE III. — *Andésites et basaltes* :

Andésites	166
Basaltes	166

CHAPITRE III. — ÉTUDES COMPARATIVES.

§ 1 ^{er} . Gabbros d'Ernée	167
§ 2. Filons d'Ernée	168
§ 3. Filons des feuilles 76 et 77 de la carte géologique..	172
§ 4. Étude comparative des roches étudiées aux § 1,	
§ 2, § 3	173
§ 5. Comparaison { (1) avec le gabbro du Pallet	176
(2) avec le gabbro du Minnesota ..	178
Conclusions	183

VU ET APPROUVÉ :

Paris, le 29 avril 1913.

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

PAUL APPELL.

VU ET PERMIS D'IMPRIMER :

Paris, le 29 avril 1913.

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

L. LIARD.

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

Physiologie :

Modifications histologiques et chimiques des centres nerveux dans l'anaphylaxie et l'immunité.

Botanique :

Le développement des Fougères.

Vu et approuvé :

Paris, le 29 avril 1913.

LE DOYEN DE LA FACULTÉ DES SCIENCES,

PAUL APPELL.

Vu et permis d'imprimer :

Paris, le 29 avril 1913.

LE VICE-RECTEUR DE L'ACADÉMIE DE PARIS,

L. LIARD.

ERRATUM

Au cours du § 3, Etude descriptive B, Chapitre I^{er}, Livre I : Au lieu de porphyre globulaire du Clou, porphyre pétrosiliceux de Bonne,

lire : rhyolite du Clou, rhyolite de Bonne.

